

Univerzita Karlova v Praze

Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

Periodické tůně a jejich biota

(Periodic Water Bodies and Their Biota)

Bakalářská práce

Autor: Tereza Bušová

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Říhová

Praha 2013

Abstrakt

Práce se zaměřuje na popis a biotu drobných periodických tůní – telm, které vznikají po vydatných jarních deštích, záplavách, tání sněhu či vlivem zvýšení hladiny spodní vody. Tvoří se na zelených, nezelených a spadlých částech rostlin (v tom případě se nazývají fytotelmy), na stromech (dendrotelmy), v puklinách skal (litotelmy) či v různých prohlubních, k jejichž vytvoření přispěl člověk – ve sklenicích, pneumatikách, vázách na hřbitovech apod.

Práce podrobněji pojednává zejména o dendrotelmech a fytotelmech, se kterými je možné se setkávat nejčastěji, a to především v tropických oblastech. Popsán je jejich vznik i živočichové, kteří v těchto drobných biotopech žijí. Byl také zpracován taxonomický přehled hlavní zaznamenané fauny pro lepší orientaci čtenáře.

Nejčastějšími taxony, které se v periodických tůních objevují, jsou zástupci čeledí komárovitých (Culicidae), pakomárovitých (Chironomidae) a pakomárcovitých (Ceratopogonidae). Často se zde také vyskytují larvy dalšího dvoukřídlého hmyzu či larvy brouků z čeledi mokřadníkovitých (Helodidae).

Živočichové, kteří v tůních žijí, jsou přizpůsobeni periodicitě a vysychání tůní různými zvýhodněními. Jejich přehled je v práci také zařazen. Zmíněny jsou i negativní aspekty telm, jelikož tyto biotopy umožňují líhnutí některých druhů komárů (např. *Aedes aegypti*), kteří přenášejí nebezpečné nemoci.

Klíčová slova: periodické tůně, bezobratlí živočichové, fytotelma, dendrotelma, *Aedes*, *Anopheles*, komárovití, pakomárcovití, pakomárovití, dvoukřídlí, láčky, bambus, bromeliovitě, malárie

Abstract

This thesis is focused on a description of small periodic water bodies and their biota. These telms are formed as a result of heavy spring rains, floods, melting snow or the ground water level rising. They are formed on green parts, non-green parts or fallen parts of a plant (in that case they are called phytotelmes), in water-filled tree-holes (dendrotelmes), in fissures of rocks (lithotelms) or in various cavities, artificially created by human – in empty jars, water-filled tires, flower-holding vases in cemeteries etc.

The thesis deals mainly with dendrotelmes and phytotelmes which are the most frequent, especially in tropics. It provides the information about their formation and animals that lives in these small habitats. Also, a taxonomical review of the main reported fauna was added for better orientation of the reader.

The most common taxa which occur in temporary pools are families of mosquitoes (Culicidae), chironomids (Chironomidae) and ceratopogonids (Ceratopogonidae). There are also present other Dipteran larvae or larvae of scirtid beetles from the family Helodidae.

Some of the animals living in the pools used different evolution strategies to be well adapted to deal with periodicity and drying out of the water bodies. Their overview is also included in this thesis. Furthermore, negative aspects of temporary pools are mentioned, as these habitats allow some disease-carrying and disease-causing organisms, especially mosquitoes, to be hatched there.

Key words: periodic water-bodies, invertebrates, phytotelma, dendrotelma, mosquito, culicids, *Aedes*, *Anopheles*, chironomids, ceratopogonids, Diptera, pitcher-plants, bamboo, bromeliads, malaria

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Dagmar Říhové s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství.

Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

Práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s uložením své bakalářské práce v databázi Theses.

V Praze dne 23. 2. 2013

Podpis:

Poděkování

Tímto děkuji Mgr. Dagmar Říhové za odborné vedení mé bakalářské práce, za její čas, vstřícný přístup a cenné rady, které mi pomohly při vypracování. Dále děkuji své rodině a příteli za veškerou pomoc a podporu.

Obsah

Úvod.....	1
1. Charakteristika oboru hydrobiologie	2
2. Charakteristika periodických tůní.....	3
2.1. Faktory ovlivňující vznik periodických tůní.....	5
3. Systematické zařazení taxonů schopných obývat periodické tůně.....	7
3.1. Fauna periodických tůní.....	14
4. Rozdělení periodických tůní.....	18
4.1. Fytotelmy	19
4.1.1. Masožravé rostliny	24
4.1.2. Bromeliovité.....	29
4.1.3. Bambus.....	30
4.2. Dendrotelmy	32
4.2.1. Charakteristika dendrotelm	32
4.2.2. Fauna dendrotelm.....	33
5. Adaptace živočichů na život v periodických vodách	39
6. Negativní aspekty periodických tůní	41
6.1. Nemoci šířené komáry v tropických oblastech.....	41
6.2. Nemoci šířené vodními plži v tropických oblastech.....	43
7. Periodické vody jako studijní biotop.....	45
Závěr	47
Seznam literatury	48

Úvod

Předmětem této práce je vytvořit souhrn poznatků o periodických vodách. Jedná se o drobné vodní biotopy – louže, tůně a tůňky, které vznikají v malých prohlubních. Tyto tůně jsou dle mého názoru málo prozkoumaným biotopem, v mnoha učebnicích opomíjeným, ačkoli se v přírodě vyskytují velmi často a téměř kdekoli – ať již po zimním tání, po deštích či působením podzemních vod. Jako každá vodní plocha, i periodické vody nabízejí útočiště pro řadu živočišných druhů, jakož i pro druhy rostlinné. Můj zájem podněcuje právě svojí periodicitou, vysycháním a znovuoobením a vedou mne k zamyšlení, proč si některé organismy, které v tomto prostředí žijí, vybírají právě tento biotop, a jak jsou k životu v něm přizpůsobeni.

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila zejména na živočichy v periodických tůních. Na souhrn těchto poznatků bych chtěla navázat při svém dalším studiu a využít jej při tvorbě diplomové práce, která by se mohla zabývat pedagogickým využitím poznatků v praxi, např. formou hydrobiologických seminářů v terénu, či laboratorních cvičení.

1. Charakteristika oboru hydrobiologie

Jednou z podmínek existence života na Zemi je voda. Jejím studiem, resp. studiem mořské i sladkovodní biosféry a jejich ekologií, se zabývá věda zvaná hydrobiologie. Je součástí limnologie, oboru studujícího vnitrozemské sladké vody, zejména jezera (Ambrožová 2003). Sladkovodní vody tvoří pouhá 2 % zemského povrchu, přičemž je můžeme podle Lelláka a Kubíčka (1992) rozdělit na vody **podzemní** (průlinové a puklinové) a vody **povrchové**. Vody povrchové se dále člení následovně:

1. Tekoucí vody

- prameny a pramenné stružky
- horské potoky
- řeky a veletoky

2. Stojaté vody

a) velké vodní nádrže (přírozené nebo umělé)

- jezera
- tůň a rybníky
- přehradní nádrže ¹

b) drobné vodní nádrže (trvalé či periodické)

- dešťové louže a tůň

c) saliny

d) rašeliniště a slatiny

¹ Zde se jedná o přechodný typ, neboť údolní nádrže mají trvalý průtok vody

Tekoucí vody jsou odborněji nazývány vodami **lotickými**, zatímco stojaté vody se označují jako vody **lentické**. Dočasné lentické vody lze rozdělit do dvou skupin:

- periodické vody – obsahují vodu nebo vysychají ve víceméně předvídatelných časových intervalech nebo v určité části roku;
- dočasné vody – jsou naplněny vodou na víceméně nepředvídatelnou dobu (Williams 1998)

2. Charakteristika periodických tůní

Tůněmi označujeme drobné vodní biotopy, které není možné vypouštět. Jejich původ může být přírodní nebo umělý. V závislosti na době trvání je rozdělujeme na trvalé a periodické (vysychající). Trvalé tůně jsou většinou obývány živočichy, které běžně nalezneme ve stojatých vodách, zatímco periodické tůně hostí často specifickou faunu, která se jinde nevyskytuje (Sukop 1998).

Periodické tůně neboli telmy (vodní nádržky jakéhokoli typu) patří mezi lentické stojaté vody. Označují se tak drobné vodní nádrže, které obsahují vodu pouze občas, a to jen na několik měsíců či dokonce týdnů. Vznikají na specifických místech po tání sněhu (zejména na jaře) a po deštích nebo vlivem stoupající hladiny podzemních vod. Mohou vznikat na nepropustném podloží (např. jílu, skále) vlivem srážek nebo na propustném podloží (písek, hlína) (Hrbáček 1966). Podle míst vzniku je můžeme rozdělit do několika skupin.

Tůně, které se tvoří v prohlubních, štěrbinách a puklinách skal, se nazývají **litotelmy**. Všechny telmy, které jsou vytvořeny rostlinami, ať již v úžlabí listů či v jiných částech rostlin, se označují jako **fytotelmy**. Mezi ně patří **dendrotelmy**, malé vodní biotopy vznikající v dutinách a proláklínách stromů a ve vykotlaných pařezech. **Pluviotelmy** jsou tvořeny dešťovou vodou v kalužích, sudech a různých nádobách (konzervách, pneumatikách apod.) Zvýšením hladiny podzemních vod nebo povodněmi vznikají **potamotelmy** (Ambrožová 2003).

Sukop (1998) dělí periodické tůně podle doby vzniku na jarní a letní, které se mohou značně lišit svými faunami. **Jarní tůně** vznikají po záplavách nebo po jarním tání sněhu a obvykle vysychají koncem května. Dříve se vyskytovaly v hojném počtu v záplavových oblastech našich velkých řek, např. v okolí Labe, Moravy a Dyje. **Letní tůně** vznikají většinou koncem jara vlivem letních záplav či vydatných jarních dešťů. Doba jejich trvání končí v průběhu letních měsíců.

Williams (1987) třídí periodické tůně do skupin na základě délky období sucha – sezónní, roční a delší než roční, ale periodické. Dva biotopy, které jsou vyschlé po stejnou dobu, se však mohou lišit ve vlhkosti substrátu a tím umožňovat přežití úplně jiným taxonům. Důležitá je tedy i intenzita vyschnutí.

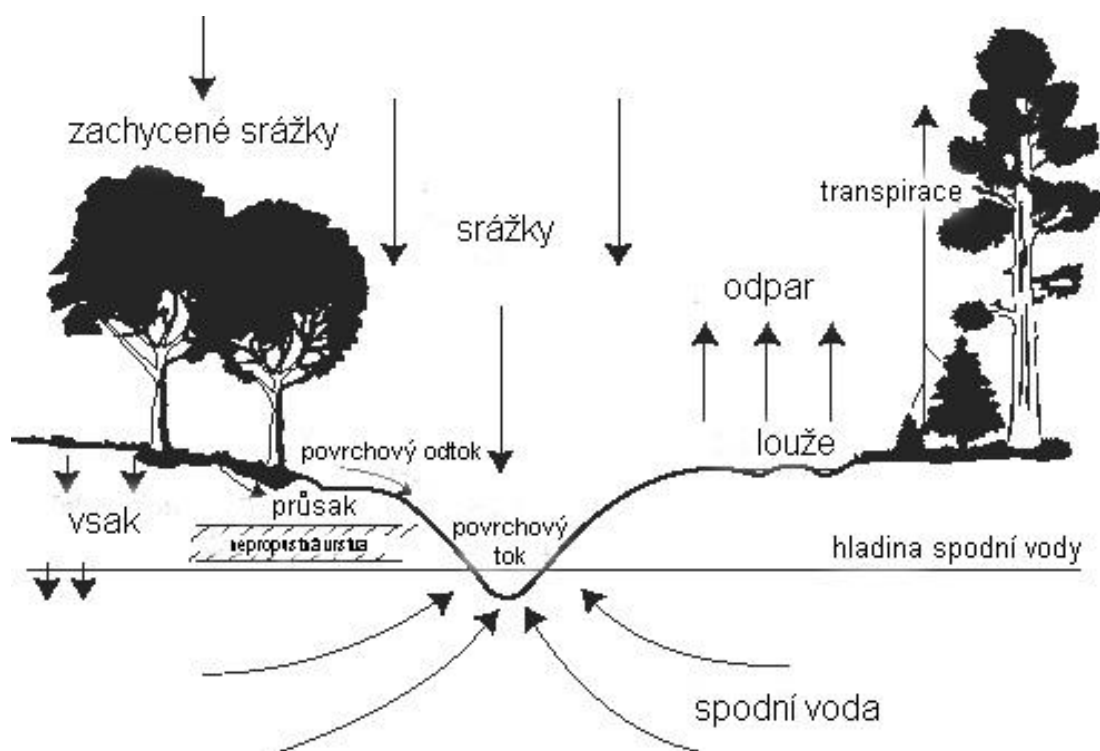
Periodické tůně jsou velmi zajímavým biotopem. Jsou obydleny širokou škálou živočichů se zvláštními (v některých případech až unikátními) fyziologickými vlastnostmi. Tito živočichové jsou navíc součástí vyšších společenstev, což z nich dělá ideální subjekty pro studium ekologie. Informace získané o takto drobných komunitách lze vztahovat i na mnohem větší společenstva a na ekologii všeobecně. Na druhou stranu se v telmách, zejména v tropech, líhnou přenašeči nebezpečných chorob. Někteří plži jsou hostitelem motolice jaterní a krevničky rodu *Schistosoma* – motolice, která přenáší schistosomózu na člověka a dobytek. Komáři sají krev, čímž přenáší celou řadu nemocí od žluté zimnice přes malárii a horečku dengue až po virovou encefalitidu (Williams 1987). Tyto negativní aspekty periodických vod budou dále rozvedeny v kapitole 6 (viz strana 41).

Kromě mimořádných událostí (velkých záplav apod.) již dnes nedochází k dramatičtějším výlevům řek z koryt, jako tomu bylo dříve. Je to zčásti způsobeno mnoha vodohospodářskými úpravami vodních toků. Tím se počet periodických tůní v zátopovém území řek dosti snížil a stávají se z nich vzácné vodní biotopy, které je zapotřebí chránit (Sukop 1998).

2.1. Faktory ovlivňující vznik periodických tůní

Vznik tůní ovlivňuje mnoho faktorů – podnebí, geomorfologie povrchu či vegetace. Nejdůležitějším z faktorů je však voda, zejména voda srážková. Při padání k zemi se zachycuje na listech stromů nebo na jiné vegetaci, kde v prohlubních tvoří fytotelmy. Pokud voda nestече do žádné hlubší nádržky, velmi rychle se odpaří. Voda, která se dotkne půdy, je vsakována pod povrch. Rychlost vsaku je ovlivňována typem a hustotou půdy. Na jílovém podloží se voda udrží o něco déle a tvoří zde drobné kaluže a periodické tůňky. Obvykle nemají dlouhého trvání a rychle se vsáknou puklinami do hlubších vrstev. Jejich dočasná existence a místo výskytu jsou nepředvídatelné, můžeme o nich tedy hovořit jako o vodách epizodických. Takové vody nejsou obývány větším množstvím bioty, pokud se nevytvoří přímo u zdrojů rychle kolonizujících druhů. Příkladem mohou být tůňky, které vznikají po srážkách a po tání sněhu nebo litotelmy ve skalních puklinách (Williams 1987).

Vodu vsáknutou do půdy blízko povrchu využívají rostliny a jejich prostřednictvím se voda vrací zpět do atmosféry (transpirace). S přibývajícemi srážkami není půda schopná všechnu vodu infiltrovat a vyplňují se drobné prohlubně na povrchu – vznikají kaluže. S dalšími dešti již voda stéká po povrchu do prohlubní či koryt, a pokud může odtékat korytem, vznikají povrchové toky. V opačném případě se voda shromažďuje v prohlubních a tvoří jezírka. Do těchto jezírek a toků se také dostává voda, která pronikla až k hranici podzemní vody, a to formou spodních vod nebo podzemních toků (viz Obrázek 1).



Obrázek 1: Faktory, které se podílejí na vzniku periodických tůní, jezírek a povrchových toků (Williams 2005).

Nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje dočasné vody, je nejspíše infiltrace. Rozděluje srážky na podzemní vodu, povrchovou vodu a vodu, která stéká po nepropustné vrstvě (viz Obrázek 1). Kapilární síly, které vtahují vodu pod povrch, jsou slabší ve středně a hrubozrnných půdách, zatímco největší síly dosahují v jemnozrnných, suchých půdách. Problémy někdy způsobuje vzduch mezi jednotlivými částčkami půdy. Při pokusech o jeho vytlačení se někdy tvoří kapsy suché půdy, skrze které nemůže voda dále postupovat a infiltrace se zpomaluje. S postupující frontou se však vzduch z půdy částečně uvolňuje.

Drobnější biotopy, jako jsou tůňky, dendrotelmy, fytotelmy, telmy ve skořápkách a jakékoli menší nádržky, jsou více ovlivňovány srážkami a odparem. Během vlhčích období se prodlužuje doba jejich existence. Důležitý je také tvar samotné telmy – čím je nádržka hlubší, tím déle se v ní voda udrží. Ještě déle bude biotop existovat, pokud je počet otvorů v hluboké nádržce omezen. Nejvhodnějším tvarem tedy disponují

džbánkované nálevky některých rostlin, ale například i otevřené plechovky, ve kterých se voda udrží nejdelší dobu.

Dalším faktorem, na kterém jsou závislé zejména fytotelmy, je vegetační období. Nádržky u paždí listů a „džbánky“, které rostliny tvoří, mohou být dostupné pouze v některých částech roku. Nejčastěji se objevují koncem jara, poskytují útočiště přes celé léto a začátkem podzimu mizí. V tropech je však situace poněkud odlišná a existují zde některé druhy rostlin, které vytvářejí nádržky, a tím i útočiště různým druhům, celoročně (Williams 2005).

3. Systematické zařazení taxonů schopných obývat periodické tůně

Pro lepší orientaci čtenáře jsem vytvořila přehled systematického zařazení obvyklých zástupců periodických tůní. Tato kapitola by měla pomoci zájemcům o přírodu, kteří nemají rozsáhlé znalosti o hydrobiologických organismech. Mohou se o ni opírat i budoucí učitelé při vlastním vyučování. V seznamu naleznou všechny v této práci zmiňované čeledi, rody a druhy živočichů a jednobuněčných organismů.

Doména: Bacteria (bakterie)

Kmen: Actinobacteria (aktinomycety)

Třída: Actinobacteria

Řád: Actinomycetales

Čeleď: Streptomycetaceae

Rod: *Streptomyces*

Kmen: Proteobacteria

Třída: Alphaproteobacteria

Řád: Rhizobiales

Čeleď: Bradyrhizobiaceae

Rod: *Bradyrhizobium*

Rod: *Nitrobacter*

Třída: Betaproteobacteria

Řád: Hydrogenophilales

Čeleď: Hydrogenophilaceae

Rod: *Thiobacillus*

Řád: Rhodocyclales
Čeď: Rhodocyclaceae

Třída: Deltaproteobacteria
Řád: Desulfovibrionales
Čeď: Desulfovibrionaceae

Řád: Enterobacteriales
Čeď: Enterobacteriaceae
Rod: *Citrobacter*
Druh: *Escherichia coli*

Doména: Eukaryota (jaderní)

Říše: Chromalveolata

Kmen: Chromophyta
Podkmen: Diatomeae (rozsivky)

Říše: Plantae

Oddělení: Chlorophyta (zelené řasy)
Třída: Conjugatophyceae (spájivky)
Řád: Desmidiales (dvojčatkovité)

Třída: Chlorophyceae (zelenivky)
Řád: Volvocales
Rod: *Chlamydomonas* (pláštěnka)
Rod: *Haematococcus*

Říše: Excavata

Kmen: Euglenozoa (krásnoočka)
Třída: Euglenozoa (krásnoočka)
Řád: Euglenida
Čeď: Euglenaceae

Říše: Animalia

Kmen: Rotifera (vířníci)

Kmen: Tardigrada (želvušky)

Kmen: Nematoda (hlístice)

Kmen: Platyhelminthes (ploštěnci)

Podkmen: „Turbellaria“ (ploštěnky)

Kmen: Annelida (kroužkovci)

Třída: Oligochaeta (máloštětinatci)

Řád: Lumbriculida

Čeleď: Lumbriculidae (žížalicovití)

Druh: *Lumbriculus variegatus* (žížalice pestrá)

Řád: Tubificida

Čeleď: Naididae (naidkovití)

Třída: Polychaeta (mnohoštětinatci)

Řád: Phyllodocida

Čeleď: Nereididae

Druh: *Namanereis catarractarum*

Třída: Hirudinea (píjavice)

Řád: Rhynchobdellida (chobotnatky)

Čeleď: Glossiphoniidae (chobotnatkovití)

Druh: *Helobdella stagnalis* (chobotnatka šitkatá)

Kmen: Mollusca (měkkýši)

Třída: Gastropoda (plži)

Řád: Pulmonata (plicnatí)

Čeleď: Lymnaeidae (plovatkovití)

Druh: *Lymnaea stagnalis* (plovatka bahenní)

Druh: *Lymnaea auricularia* (plovatka nadmutá)

Čeleď: Physidae (levatkovití)

Druh: *Aplexa hypnorum* (levotočka bažinná)

Kmen: Arthropoda (členovci)

Třída: Malacostraca (rakovci)

Řád: Decapoda (desetinožci)

Čeleď: Sesarmidae

Druh: *Geosesarma malayanum*

Řád: Isopoda (stejnonožci)

Čeleď: Asellidae (beruškovití)

Rod: *Asellus* (beruška)

Řád: Amphipoda (různonožci)

Čeleď: Gammaridae (blešivcovití)

Druh: *Synurella ambulans* (srostlorep kráčivý)

Podkmen: Myriapoda (stonožkovci)

Třída: Chilopoda (stonožky)

Třída: Diplopoda (mnohonožky)

Třída: Arachnida (pavoukovci)

Řád: Pseudoscorpionida (štírci)

Řád: Scorpiones (štíři)

Řád: Araneae (pavouci)

Čeleď: Thomisidae (běžníkovití)

Druh: *Misumenops nepenthicola*

Řád: Opiliones (sekáči)

Třída: Ostracoda (lasturnatky)

Řád: Podocopida

Čeleď: Candonidae

Druh: *Pseudocandona rostrata*

Čeleď: Cyprididae

Druh: *Cypridopsis vidua*

Druh: *Cypria ophthalmica*

Druh: *Eucypris virens*

Druh: *Cypricercus ovum*

Podkmen: Crustacea (korýši)

Třída: Branchiopoda (lupenonožci)

Řád: Anostraca (žábronožky)

Čeleď: Chirocephalidae

Druh: *Eubbranchipus grubii* (žábronožka sněžní)

Čeleď: Branchipodidae

Druh: *Branchipus schaefferi* (žábronožka letní)

Čeleď: Streptocephalidae

Druh: *Streptocephalus torvicornis* (žábronožka divorohá)

Řád: Diplostraca

Rod: *Moina* (kaluženka)

Čeleď: Daphniidae (hrotnatkovití)

Druh: *Daphnia pulex* (hrotnatka obecná)

Čeleď: Leptestheriidae

Druh: *Leptestheria dahalacensis* (škeblovka rovnohřbetá)

Čeleď: Limnadiidae

Druh: *Limnadia lenticularis* (škeblovka velká)

Čeleď: Lynceidae

Druh: *Lynceus brachyurus* (hrašník zobcovitý)

Čeleď: Cyzicidae

Druh: *Cyzicus tetracerus* (škeblovka oválná)

Řád: Notostraca (listonožky)

Čeleď: Triopsidae

Druh: *Lepidurus apus* (listonoh jarní)

Druh: *Triops cancriformis* (listonoh letní)

Třída: Maxillopoda

Podtřída: Copepoda (klanonožci)

Řád: Calanoida (vznášivky)

Čeleď: Diaptomidae (vznášivkovití)

Druh: *Mixodiaptomus kupelwieseri* (vznášivka)

Druh: *Diaptomus castor* (vznášivka povodňová)

Druh: *Hemidiaptomus amblyodon* (vznášivka šmolková)

Řád: Cyclopoida (buchanky)

Čeleď: Cyclopidae (buchankovití)

Druh: *Cyclop insignis* (buchanka zimní)

Druh: *Acanthocyclops vernalis* (buchanka jarní)

Druh: *Eucyclops serrulatus*

Druh: *Diacyclops bisetosus*

Řád: Harpacticoida (plazivky)

Čeleď: Canthocamptidae

Druh: *Canthocamptus staphylinoides* (plazivka)

Třída: Insecta (hmyz)

Řád: Odonata (vážky)

Čeleď: Coenagrionidae (šidélkovití)

Druh: *Pericnemis triangularis*

Čeleď: Libellulidae (vážkovití)

Řád: Dermaptera (škvoři)

Řád: Dictyoptera

Podřád: Blattodea (švábi)

Řád: Hymenoptera (blanokřídlí)

Podřád: Apocrita (štíhlopasí)

Čeleď: Formicidae (mravencovití)

Druh: *Camponotus schmitzi*

Řád: Hemiptera (polokřídlí)

Podřád: Heteroptera (ploštice)

Čeleď: Notonectidae (znakoplavkovití)

Čeleď: Hydrometridae (vodoměrkovití)

Čeleď: Corixidae (klešťankovití)

Řád: Diptera (dvoukřídlí)

Podřád: Brachycera (krátkorozí)

Čeleď: Phoridae (hrbilkovití)

Čeleď: Stratiomyidae (bráněnkovití)

Čeleď: Tabanidae (ovádovití)

Čeleď: Muscidae (mouchovití)

Čeleď: Sphaeroceridae (mrvnatkovití)

Čeleď: Sarcophagidae (masařkovití)

Druh: *Fletcherimyia (Blaesoxipha) fletcheri*

Čeleď: Syrphidae (pestřenkovití)

Druh: *Myiatropa florea* (pestřenka smrtihlávka)

Podřád: Nematocera (dlouhorozí)

Čeleď: Tipulidae (tiplicovití)

Čeleď: Psychodidae (koutulovití)

Čeleď: Mycetophilidae (bedlobytkovití)

Čeleď: Chaoboridae (koretrovití)

Druh: *Chaoborus flavicans* (koretra průsvitná)

Druh: *Chaoborus crystallinus*

Druh: *Mochlonyx velutinus*

Druh: *Mochlonyx culiciformis*

Čeleď: Culicidae (komárovití)

Rod: *Aedes* (komár)

Podrod: *Finlaya*

Podrod: *Eretmapodites*

Podrod: *Stegomyia*

Druh: *Aedes aegypti* (komár tropický)

Druh: *Aedes communis* (komár jarní)

Druh: *Aedes annulipes*

Druh: *Aedes nemorosus*

Druh: *Aedes cantans* (komár obecný)

Druh: *Aedes sticticus*

Druh: *Aedes vexans* (komár kalamitní)

Druh: *Aedes scutellaris*

Druh: *Aedes japonicus*

Druh: *Aedes geniculatus*

Rod: *Culex*

Podrod: *Culiciomyia*

Druh: *Culex pipiens* (komár pisklavý)
Druh: *Culex molestus* (komár obtížný)
Druh: *Culex jenseni*
Druh: *Culex rajah*
Druh: *Culiseta annulata* (komár kroužkovaný)
Rod: *Uranotaenia*
Rod: *Tripteroides*
Rod: *Polypedilum*
Rod: *Orthopodomyia*
Druh: *Toxorhynchites towadensis*
Druh: *Toxorhynchites rajah*
Druh: *Wyeomyia smithii*
Druh: *Anopheles plumbeus* (anofeles černý)
Druh: *Anopheles maculipennis* (anofeles čtyřskvrnný)
Rod: *Armigeres*

Čeleď: Ceratopogonidae (pakomárcovité)
Rod: *Dasyhelea* (pakomárec)

Čeleď: Chironomidae (pakomárovité)
Podčeleď: Tanypodinae
Druh: *Paramerina ignobilis*

Čeleď: Anisopodidae (stružilkovité)

Řád: Plecoptera (pošvatky)
Čeleď: Leuctridae
Druh: *Leuctra duplicata*
Druh: *Leuctra maria*

Řád: Megaloptera (střechatky)
Řád: Trichoptera (chrostíci)
Čeleď: Phryganeidae (chrostíkovité)
Rod: *Oligostomis*

Řád: Lepidoptera (motýli)
Čeleď: Noctuidae (můrovité)
Čeleď: Psychidae (vakonošovití)
Čeleď: Plutellidae (zápředníčkovité)
Druh: *Proditrix nielseni*

Řád: Coleoptera (brouci)
Čeleď: Chrysomelidae (mandelinkovité)
Čeleď: Helodidae (mokřadníkovité)

Rod: *Prionocyphon*
Rod: *Elodes*
Rod: *Cyphon* (jařmík)
Rod: *Scirtes*

Čeleď: Dytiscidae (potápníkovití)
Rod: *Agabus* (potápník)
Druh: *Hyphydrus* (norec)
Druh: *Acilius sulcatus* (potápník rýhovaný)
Druh: *Rhantus suturalis* (kropník)
Rod: *Hydroporus* (vodošlap)
Druh: *Hydroporus palustris* (potápníček bahenní)

Čeleď: Hydrophilidae (vodomilovití)
Druh: *Anacaena limbata* (vodomil)
Čeleď: Staphylinidae (drabčíkovití)
Podčeleď: Pselaphinae (hmatavci)

Kmen: Chordata (strunatci)
Třída: Amphibia (obojživelníci)
Řád: Anura (žáby)

3.1. Fauna periodických tůní

Periodické tůně obývá řada živočichů, které nalezneme v litorálu různých typů vod. Vyskytují se zde drobní zástupci korýšů (Crustacea): perloočky, konkrétně hrotnatky (*Daphnia*) s kaluženkami (*Moina*); některé druhy hlístic (Nematoda) a vířníků (Rotatoria). Z hmyzu jsou to zejména vodní brouci – potápníci (rod *Agabus*), příkopníci (rod *Acilius*) a vodošlapové (rod *Hydroporus*) (Lellák, Kubiček 1991). Nalezneme zde znakoplavky, vodoměrky a klešťanky, také některé plže. Z fytoplanktonu zde žijí zástupci rostlinných bičíkovců (fytoflagellát) – krásnoočko (*Euglena*), pláštěnka (*Chlamydomonas*) či rod *Haematococcus* (Hrbáček 1966).

Kromě těchto prvoků a živočichů, kteří se vyskytují i v litorálu stojatých vod, je fauna periodických vod charakteristická výskytem vzácných druhů adaptovaných na specifika tohoto biotopu, které se jinde nevyskytují. Vajíčka některých druhů dokonce nemohou bez vyschnutí a vymrznutí pokračovat v dalším úspěšném vývoji. Vyschlá vajíčka vydrží bez vody velmi dlouho se zachovanou líhnivostí, uvádí se až desítky roků. To

umožňuje těmto živočichům přežít i na nepříliš často zaplavovaných biotopech (Sukop 1998).

Těsně po rozmrznutí periodických tůní v jarním období se z vajíček líhnou jedinci žábronožky sněžní (*Siphonophanes grubii*) a listonoha jarního (*Lepidurus apus*), a to při teplotách vody těsně nad 0 °C (Lellák, Kubíček 1991). Až když teplota stoupne nad 10 °C, objevují se další druhy žábronožek (*Branchipus schaefferi* a *Streptocephalus torvicornis*) a listonoha letního (*Triops cancriformis*). Teplota vody tak určuje posloupnost líhnutí různých druhů, kteří se živí ze stejných potravních zdrojů v daném biotopu (např. odumírající suchozemskou vegetací.) Tím se zkracuje doba, po kterou by si mohla mláďata konkurovat. Při teplotě nad 10 °C se líhnou škeblivky – škeblivka rovnohřbetá (*Leptestheria dahalacensis*), škeblivka velká (*Limnadia lenticularis*) a škeblivka oválná (*Cyzicus tetracetus*), které však lze na našem území nalézt jen velmi vzácně. Vyskytují se většinou roztroušeně v terénu a častěji se nalézají v dočasných tůňkách, které se tvoří v blízkosti toků a lépe se tak prozkoumávají. Je tedy otázkou, zda jejich vzácnost není spíše věcí relativní (Hrbáček 1966).

Rozdíly teplot ovlivňují také posloupnost jarního líhnutí larev komárů rodu *Mochlonyx*, *Aedes*, *Culex* a *Cuticella* v lesních a lučních tůních (Lellák, Kubíček 1991). Dva zástupci rodu *Mochlonyx*, *M. velutinus* a *M. culiciformis*, se líhnou při teplotách jen o málo vyšších než nula. Druhy *Aedes communis*, *A. annulipes* a *A. nemorosus* se začínají líhnout při teplotách okolo 0 °C. Při teplotách vyšších než 10 °C se líhnou druhy *A. cantans* a *A. sticticus*. Larvy a kukly komárů přežívají období vyschnutí a vymrznutí biotopu v diapauze² a stačí jim i malé množství vody. Mají velmi rychlý vývoj a často se vyvinou dříve, než voda stačí vyschnout, a to i v drobných mělkých kalužích, jejichž obsah není větší než několik litrů. Díky tomu je možné nalézt komáry téměř ve všech periodických vodách.

Sukop (1998) rozděluje periodické tůně na jarní a letní. V jarních tůních lze nalézt již výše zmíněné jarní druhy komárů, škeblivky, žábronožku sněžní a listonoha jarního. Dalšími typickými jarními druhy v periodických tůních jsou zejména srostlorep kráčivý

² viz kapitola *Adaptace živočichů na život v periodických vodách*

(*Synurella ambulans*), vznášivka (*Mixodiaptomus kupelwieseri*), vznášivka povodňová (*Diaptomus castor*) a vznášivka šmolková (*Hemidiaptomus amblyodon*). Často zde lze spatřit buchanky, např. buchanku zimní (*Cyclop insignis*) a druh *Diacyclops bisetosus*; dále lasturnatky (*Pseudocandona rostrata*, *Eucypris virens*) a koretry (*Chaoborus crystallinus*, *Ch. flavicans* – koretra průsvitná, *Mochlonyx culiciformis*). Vyskytují se zde některé druhy vodních ploštic a brouci, např. potápník rýhovaný (*Acilius sulcatus*), norec (*Hyphydrus*) a potápníček bahenní (*Hydroporus palustris*) (Sukop 1998). Mezi listím lze zjara nalézt také některé máloštětinatce (Oligochaeta), např. žížalici pestrou (*Lumbriculus variegatus*), či plže z čeledi plovatkovitých (Lymnaeidae), např. plovatku bahenní (*Lymnaea stagnalis*) nebo plovatku nadmutou (*Lymnaea auricularia*) (Hanel, Lišková 2003). Levotočka bažinná (*Aplexa hypnorum*) je jeden z mála plžů, kterého občas nacházíme v periodických nádržích. Mnohem častěji ale obývá bahnitě tůň lužních lesů v nižších polohách. (Buchar et al. 1995; Pfleger 1988)

Mezi vzácné druhy, které se vyskytují v letních periodických tůňkách, lze zařadit listonoha letního (*Triops cancriformis*), žábronožku letní (*Branchipus schaefferi*), žábronožku divorohou (*Streptocephalus torvicornis*) a škeblovky, např. hrašníka zobcovitého (*Lynceus brachyurus*). Velmi příznivé jsou pro komáry letní záplavy, protože v nádržkách, které se po nich vytvoří, se masově líhne komár kalamitní (*Aedes vexans*) a anofeles čtyřskvrnný (*Anopheles maculipennis*) (Sukop 1998).

Do periodických vod zahrnujeme i různé nádržky, k jejichž vytvoření přispěl člověk – různé odpadní jámy, kaluže dešťové vody v pneumatikách, sudech atd. Tyto nádržky obývají synantropní druhy *Culex pipiens*, *C. molestus* a *Theobaldia (Culiseta) annulata*, které se zde často masově rozmnoží. V tůňkách nalezneme kromě komárů i pakomáry. Larvy pakomára *Dasyhelea*, spolu s některými druhy pijavenek (Rotatoria: Bdelloida), žijí v litotelmách. Tůňky ve skalách a kamenech jsou obydleny jen krátce, protože se kvůli prudkému ohřevu sluncem rychle odpařují. Za zmínku stojí vzájemná podobnost společenstev, která se nachází v salínách, se společenstvy z periodických tůň (Hrbáček 1966).

Williams (1987) ve své knize uvádí taxonomické skupiny, které byly zaznamenány na čtyřech různých místech světa: ve východní Kanadě, západní Kanadě, severní Evropě

a na Novém Zélandu s Austrálií. Cílem jeho studie bylo zjistit, zda existují některé charakteristické organismy, vyskytující se ve všech dočasných vodách.

Mezi jednotlivými faunami byly zjištěny značné podobnosti, a celých 14 druhů se vyskytovalo na dvou či více lokalitách. Někteří z nich se nacházeli pouze na severní polokouli – např. pijavice chobotnatka štitkatá (*Helobdella stagnalis*), plazivka *Canthocamptus staphylinoides*, drobný korýš hrotnatka obecná (*Daphnia pulex*), lasturnatky *Cypria ophthalmica*, *Cypridopsis vidua*, *Cypricercus ovum* a brouk vodomil (*Anacaena limbata*). Některé pozorované druhy se dokonce vyskytovaly na obou polokoulích, např. klanonožci *Eucyclops serratulus* společně s buchankou jarní (*Acanthocyclops vernalis*) a kropníkem (*Rhantus pulverosus*).

V dočasných vodách obecně dominovaly některé skupiny živočichů, zejména drobní korýši, roztoči nebo komáři. Ostatní druhy disponovaly různými speciálními adaptacemi, které jim umožnily přežít v nestálém biotopu dočasných vod (tomuto tématu se budu věnovat v pozdějších kapitolách.)

Některé skupiny bezobratlých se v periodických vodách objevují jen velmi málo nebo vůbec. Jedná se o živočišné houby, střechatky, pošvatky a chrostíky. To však může být dáno tím, že tento biotop má lentický charakter, zatímco poslední dvě skupiny (chrostíci a pošvatky) žijí spíše v tekoucích vodách (Williams 1987). Zatímco v trvalých tůních je možné objevit plotici obecnou (*Rutilus rutilus*), perlína ostrobřichého (*Scardinius erythrophthalmus*), karase obecného (*Carassius carassius*), piskoře pruhovaného (*Misgurnus fossilis*) nebo hořavku duhovou (*Rhodeus sericeus*), v periodických tůních se ryby trvale pochopitelně nevyskytují (Sukop 1998).

4. Rozdělení periodických tůní

V této kapitole jsem se věnovala dočasným typům sladkovodních nádržek. Těchto biotopů, ve kterých se zadržuje voda, je celá řada a některé jsou pro nás naprostou samozřejmostí. Protože bychom do této kategorie mohli zařadit téměř cokoli, v čem se zachycuje voda (např. v lidských a zvířecích šlépějích), nejsou některé jejich typy příliš prozkoumány a popsat všechny je téměř nemožné. Naopak, některým tůňkám byla věnována větší pozornost a dala jsem jim více prostoru i ve své práci. Jedná se zejména o dendrotelny a nádržky masožravých rostlin.

Přírodní tůně zahrnují nádržky, které se tvoří v paždí listů. Vhodnými rostlinami jsou zejména ty z čeledi bromeliovitých (Bromeliaceae) vyskytující se v tropech, do které patří např. známá užitková rostlina ananas. Tůňky se také tvoří v paždí listů štětkovitých rostlin (Dipsacaceae). Ekologicky zajímavým biotopem je bambus, který navrtávají brouci z čeledi mandelinkovitých, aby se v něm rozmnožili. Dalším netradičním místem, kde se tvoří nádržky, jsou nahlodané skořápky ořechů nebo rozkládající se semena kakaovníku.

Další skupinu tvoří různé nezařaditelné nádržky vody. Jako příklad mohu uvést vodu shromažďující se na kloboucích houby, ve které se líhnou komáři rodu *Finlaya* (Mattingly 1969), nebo prázdné ulity hlemýžďů, které vyhledávají některé druhy vířníků a komáři *Aedes aegypti* (Williams 2005) a *Eretmapodites*. S nadsázkou se dá říci – „pokud je někde zadržována voda, budou se tam nejspíš líhnout komáři“. Jedinou výjimkou jsou velké nádoby s naprosto hladkými stěnami (Mattingly 1969).

Tůně nevytvořené přírodou, ale činností člověka, jsou také nezanedbatelným biotopem. Jedná se o sudy na dešťovou vodu, cisterny, plechovky, sklenice a hrnce na vaření, ale i nádoby na květiny na hřbitovech nebo pneumatiky. Líhne se v nich např. tropický komár *Aedes aegypti*, který přenáší žlutou zimnici (Williams 2005). Nádržky nejsou pouze doménou hmyzu, ale také drobných korýšů, zejména lasturnatek.

4.1. Fytotelmy

Vodu v nějakém nálevkovitém útvaru zadržuje celá škála rostlin. Jedná se o nádržky u báze listů, láčky masožravých rostlin nebo v internodech. Nacházejí se asi na 1 500 rostlinách, rozdělených do 25 čeledí. Ačkoli se ve fytotelmách často objevuje vodní hmyz, nejrozšířenější skupinou jsou dvoukřídle s téměř dvaceti čeleděmi. Odhaduje se, že tůňky obývá asi patnáct rodů komárů, které zahrnují na 400 druhů.

V roce 1928 popsal Ludwig Varga drobné vodní nádržky, které se tvoří na rostlinách, a pojmenoval je phytotelmata (Williams 2005), česky fytotelmy (v jednotném čísle fytotelma). Na jeho práci navázal August Thienemann (1934, podle Kitchinga 1971) který objevil, že se jich nejvíce nachází v tropech a hojně jsou také v mírném podnebném pásu. Na základě jejich umístění na rostlině a tekutiny, kterou obsahují, klasifikoval fytotelmy do několika základních skupin. Z jeho rozdělení vychází Kitching (1971), který vybral pouze fytotelmy, ve kterých by se mohli vyskytovat živočichové:

1. Fytotelmy obsahující tekutinu z rostlinných sekretů

- a) Trávicí sekrety. V tekutině nálevkovitých rostlin bylo nalezeno množství živočichů, zahrnujících také larvy dvoukřídle. Thienemann zkoumal faunu láčkovek rodu *Nepenthes*. Larvy pakomárovitých se vyskytují v nálevkách *Sarracenia purpurea*, larvy pakomárcovitých v lapacích pastech *Darlingtonia californica* (Kitching 1971).



Obrázek 2: *Darlingtonia californica*. Botanická zahrada Praha, skleník Fata Morgana. Foto autor.

- b) Ostatní sekrety. Tato kategorie zahrnuje vodní nádržky, které se vyskytují u zvláště kvetoucích zástupců zázvorníkovitých, konkrétně u druhu *Commelina obliqua*. Lze sem také zařadit vodní plošky, nalezené v úžlabí listů rostliny *Lobelia keniensis*. Obsahují sliz snižující bod mrznutí tekutiny, který zabraňuje zamrzání i při teplotách nižších než nula v afro-alpínských oblastech. Také v tomto prostředí byly nalezeny larvy pakomárovitých.



Obrázek 3: *Lobelia keniensis*. Botanická zahrada Praha, skleník Fata Morgana. Foto autor.

2. Fytotelmy obsahující převážně dešťovou vodu

- a) Fytotelmy na zelených částech rostlin. Do této kategorie patří vodní nádržky vznikající v úžlabí listů. Vyskytuje se zde velké množství živočichů – na jedné rostlině *Colocasia indica* bylo nalezeno 46 různých druhů členovců, od komárů po různonožce. V řapíkových fytotelmách bromeliovitých se líhne velké množství komárů, ze známějších např. komáři rodu *Anopheles*, kteří přenášejí malárii na člověka. Larvy komárů, které jsou důležité z lékařského hlediska, však často nalézáme i v úžlabí listů dalších rostlin (Kitching 1971). Larvy komárů rodu *Uranotaenia* a pakomára *Paramerina ignobilis* lze nalézt v úžlabí listů rodu *Pandanus*, larvy komárů *Uranotaenia* i na rostlině *Curcuma australasica*. Rod *Tripterooides* se nachází v nádržkách u bází listů rostlin banánovníku (*Musa*) a kolokázie (*Colocasia*). Ve fytotelmách kolokázie v jihovýchodní Asii lze objevit i larvy komárů rodu *Uranotaenia*, pakomárů rodu *Polypedilum* a pakomára *Paramerina ignobilis* (Kitching, Orr 1996).

V mírných šířkách nejsou tyto fytofelmy tak rozšířené. Nachází se např. na štětkce lesní (*Dipsacus sylvestris*). Tyto extrémně malé biotopy jsou velmi nepravidelně osídlovány, neboť šance, že sem budou nějaké organismy zaváženy, je relativně malá. Vlhkost v nich navíc nevydrží delší dobu (Williams 2005). V dešťové vodě, kterou zachycuje, byly nalezeny želvušky, máloštětinatci a hlístice, v České republice i několik larev dvoukřídlých (Zavřel 1941). Nejrozšířenějšími organismy zde jsou většinou vířníci a nálevníci. Mikroorganismy byly přítomny také ve fytofelmech děhelu lesního (*Angelica sylvestris*); dva druhy pakomárovitých byly pravidelně pozorovány na skřípině lesní (*Scirpus sylvaticus*).

Do kategorie fytofelm patří také felmy, které vznikají v trubkovitých kališích rostliny *Cyrtandra glabra*. Zde se vyskytují larvy komárovitých a pakomárovitých, ale i korýši, roztoči, kroužkovci a hlístice (Kitching 1971).

- b) Fytofelmy na nezelených částech rostlin. Mohou se nacházet přímo v květech, což je případ květiny *Rafflesia tuan-mudae*, která patří do čeledi *Rafflesiaceae* s největšími květy v rostlinné říši. Ve vodě, která se v jejích květech nashromáždila, žije malé množství larev komárovitých (Thienemann 1934, podle Kitchinga 1971).

Vodní nádržky lze také nalézt v dřevěných částech rostlin, a to buď ve stoncích a stojících kmenech, nebo na spadlých částech rostlin. Nejlepším příkladem první skupiny je bezpochyby tropický bambus. Do této kategorie také spadají dendrofelmy, nejrozšířenější typ fytofelm, kterým se budu podrobněji věnovat v další kapitole, a drobné vodní nádržky na bázi kokosových palem.

Spadlé části rostlin, které jsou následně vyplněny dešťovou vodou, tvoří poslední kategorii. Thienemann (1934, podle Kitchinga 1971) popsal zvyk veverek *Callosciurus notatus* vykusovat díry v kokosových oříšcích a vyžírat jejich obsah. Prázdné skořápky se poté naplní vodou a poskytují

tak útočiště pro komárovité, pakomárcovité či koutulovité. Tyto nádržky ve spadlých kokosech vyhloďávají také krysy. Zatímco se kokosová dřeň rozkládá, žijí zde také komáři rodu *Armigeres*. Organický obsah ořechu se dále zmenšuje a ředí dešťovou vodou. Během tohoto procesu se v ořechu vystřídá celá řada rodů komárů – *Toxorhynchites*, *Uranotaenia*, *Stegomyia* apod. Regulování krysí populace je v okolí Pacifiku dokonce uznávaným opatřením proti přenášení filariózy, neboť krysami vyhloďané ořechy jsou líhni komárů druhu *Aedes scutellaris*. Tito komáři jsou přenašeči vlasovce mizního (*Wuchereria bancrofti*), který způsobuje filariózu (elefantiázu) (Mattingly 1969).

V podobně vznikajících tůňkách, např. v rozkládajících se dýních a ve spadlých listech je možné nalézt komářích larvy, zejména v tropech. V prasklých a rozkládajících se semenech kakaovníku žijí larvy komárů rodu *Eretmapodites*.

Do této kategorie také spadají periodické tůně, které se tvoří na spadlých, horizontálně ležících stromech. Jejich fauna se však nejspíš liší od fauny na žijících stromech, pravděpodobně proto, že jejich dutiny jsou o něco větší (Kitching 1971).

Kitching (2000) posléze přezkoumal svou studii o fytohelmách se zvláštním důrazem na jejich ekologii a potravinové sítě. Popsal také velké množství mnohobuněčných taxonů, které se ve fytohelmách objevují, ve kterých zmiňuje i neobvyklé živočichy. Příkladem může být mnohoštětinátec *Namanereis catarractarum* z čeledi Nereidae, žijící v dendrohelmách v Indonésii, nebo motýl *Proditrix nielsenii* z čeledi západníčkovitých (Plutellidae), který žije v zavodněném paždí listů rostliny *Richea pandaniifolia*, tasmanského endemitu.

4.1.1. Masožravé rostliny

Některé rostliny do svých pastí – láček chytají drobné živočichy. Jedná se o masožravé rostliny, které jsou většinou zastoupeny rodem **špirlice** (*Sarracenia*) a **láčkovka** (*Nepenthes*). Objem telm, které se v jejich láčkách tvoří, může být různý – od několika cm³ až po několik litrů. V těchto pastech (jde o přeměněné listy) lze nalézt různé zástupce bezobratlých a hmyz, ale i některé obratlovce. Řada živočichů se však stala odolnými vůči tekutině, kterou láčky obsahují, a dokážou v nich žít. Někteří se pak živí hmyzem, který se chytí do láčky, jiné druhy se živí tkání samotné masožravé rostliny.

Láčkovka (*Nepenthes*) je dvouděložná rostlina z čeledi láčkovkovitých (Nepenthaceae). Tento rod obsahuje více než sto botanických druhů a spoustu kříženců, neboť se jedná o jednu z nejoblíbenějších, celosvětově pěstovaných masožravých rostlin. Nejvíce láčkovek pochází z Bornea, kde se také vyskytuje nejvíce endemických druhů. Láčkovka láká svou kořist svým pestrým vzhledem a chemickými látkami, které vylučují pachové a nektarové žlázy na rostlině. Nově otevřené láčky jsou sterilní, ale brzy po otevření jsou kolonizovány bakteriemi. Následuje zvýšený výskyt hmyzu v okolí láčky (Beaver 1983). Hmyz přiláká další kořist, která by se jinak v láčce nikdy neobjevila, např. pavouky, kudlanky a zákeřnice (Reduviidae), ale i drobné obratlovce – hlodavce, ještěrky i žáby. Vnější chitinovou kostru, kterou disponuje většina hmyzu, rozrušují proteolytické enzymy v trávicí tekutině, kterou je naplněna každá láčka minimálně do jedné třetiny. Tyto enzymy rozkládají živočišné bílkoviny a zároveň uchovávají kořist v původní podobě díky konzervačním látkám. Trávicí tekutina slouží opravdu jen k trávení, nikoli k usmrcení (hmyz se většinou utopí) či k rozmělnění (k tomu slouží rostlině symbiotické organismy – larvy komárů a mikroorganismy) (Beaver 1985).

Thienemann (1932, podle Beaver 1983) vytvořil základní rozdělení organismů, které se vyskytují v láčkách. Jeho klasifikaci dále upravil Beaver (1983) vytvořením tří základních skupin:

1. ***Nepenthebionti***: Živočichové, kteří jsou specializovaní na život v láčkách a jsou na nich plně závislí alespoň v některé části svého vývojového cyklu. Jejich

vodní fáze nejsou známy z jiných biotopů. Do této kategorie spadá většina komářích larev, např. druhy *Culex jenseni* nebo *Culex rajah* a *Toxorhynchites rajah*, které jsou pojmenovány po láčkovce druhu *Nepenthes rajah*. Všechny tyto taxony jsou endemické.

2. *Nepenthephilové*: Živočichové, kteří se často vyskytují v láčkách, ale nejsou na nich plně závislí v jakékoli fázi svého života. Vyskytují se tedy i v jiných biotopech. Do této kategorie spadá většina organismů, které žijí v těsné blízkosti láčkovek. Příkladem takovýchto živočichů je pavouk *Misumenops nepenthicola* z čeledi běžníkovitých (Thomisidae) a krab *Geosesarma malayanum*.

3. *Nepenthexeni*: Živočichové, kteří se v láčkách obvykle nevyskytují. Většinou se zde nacházejí jen příležitostně a v malém množství, ve starších konvích, kde již organismy z předcházejících skupin nežijí. Často se jedná o různé larvy much, které se živí rozkládajícími zbytky.

Fauna láčkovek vykazuje jisté podobnosti s faunou špirlic. Láčkovka poskytuje útočiště druhům, které žijí v jejích láčkách i na jejím povrchu. Nejrozšířenějšími zdejšími organismy jsou larvy komárů, které během vlastního vývoje pozrou velké množství larev ostatních druhů. Častými rody komárů v láčkovkách jsou *Uranotaenia* a *Toxorhynchites* (Kitching, Orr 1996). Dále se na těchto rostlinách vyskytuje celkem třináct čeledí dvoukřídlého hmyzu – pakomáři (Chironomidae) a pakomárcovití (Ceratopogonidae), ale i koretrovití (Chaoboridae), bedlobytkovití (Mycetophilidae), hrbilkovití (Phoridae), pestřenkovití (Syrphidae) a masařkovití (Sarcophagidae). Dalším hmyzem, který obývá nádržky láčkovky, jsou vážky (čeleď Libellulidae), mravenci (Formicidae) a motýli, zejména můrovití (Noctuidae) a vakonošovití (Psychidae). Z drobných korýšů zde lze nalézt plazivky (Harpacticoida) z podtřídy klanonožci (Copepoda) a drobné kraby. Dalšími zde žijícími organismy jsou bakterie, prvoci, vířníci, hlístice a máloštětinatci, výjimečně zde žijí i pulci některých druhů žab, rozsívky a zelené řasy z řádu dvojčatkovaré (Desmidiaceae) (Beaver 1983).

Některé druhy žijí s rostlinou v symbióze. Příkladem může být běžník *Misumenops nepenthicola*, který staví svou pavučinu pod ústím láčky, nejčastěji na rostlinách *Nepenthes rafflesiana* a *N. gracilis*. Při vyrušení se rychle spouští do tekutiny na dně láčky, kde vyčká, dokud se situace opět neuklidní. Poté se vrací zpět do své pavučiny, která mu zároveň umožňuje pohyb po kluzkých stěnách. Larvy některých komárů jsou odolné vůči kyselému prostředí a enzymům uvnitř tekutiny, což jim umožňuje lovit ostatní zástupce hmyzu. Samotné larvy komárů jsou však často cílem útoku mravenců *Camponotus schmitzi*, kteří si staví hnízda v úponcích láčkovky *N. bicalcarata* a za larvami se potápí do láčky. Dělnice staví ze svých těl živý žebřík, pomocí kterého mohou další dělnice vytahovat kořist (Beaver 1985).

Špirlice (*Sarracenia*) je dvouděložná rostlina z čeledi špirlicovitých (Sarraceniaceae). Tento rod je rozdělen do osmi druhů. Většinou se vyskytují na podmáčených, kyselých půdách, které neobsahují mnoho živin. Láčky vznikají jako přeměněné listy a fungují jako pasivní pasti, některé druhy ale tvoří různé látky, které lákají hmyz k usednutí na rostlinu. Tyto chemické atraktanty jsou známy např. u špirlice žluté (*Sarracenia flava*) (Miles et al. 1975), špirlice bělolisté (*S. leucophylla*) a špirlice přivřené (*S. minor*) (Jürgens et al. 2009). Jakmile se hmyz jednou dostane do nádržky, jen velmi obtížně se dostává zpět. Ústí láčky je totiž obklopeno jednostranně postavenými chloupky a voskovými sekrety. Vnitřek láčky druhu *S. purpurea* má navíc nízké povrchové napětí. Nádržky špirlic často produkují proteázy a další enzymy, některé druhy (např. špirlice žlutá) jsou schopné paralyzovat svou kořist pomocí alkaloidu koniinu (Folkerts 1999).

Tabulka 1: Přehled druhů bezobratlých, kteří jsou často přítomni v okolí láček špirlic v severovýchodní části Spojených států (Folkerts 1999).

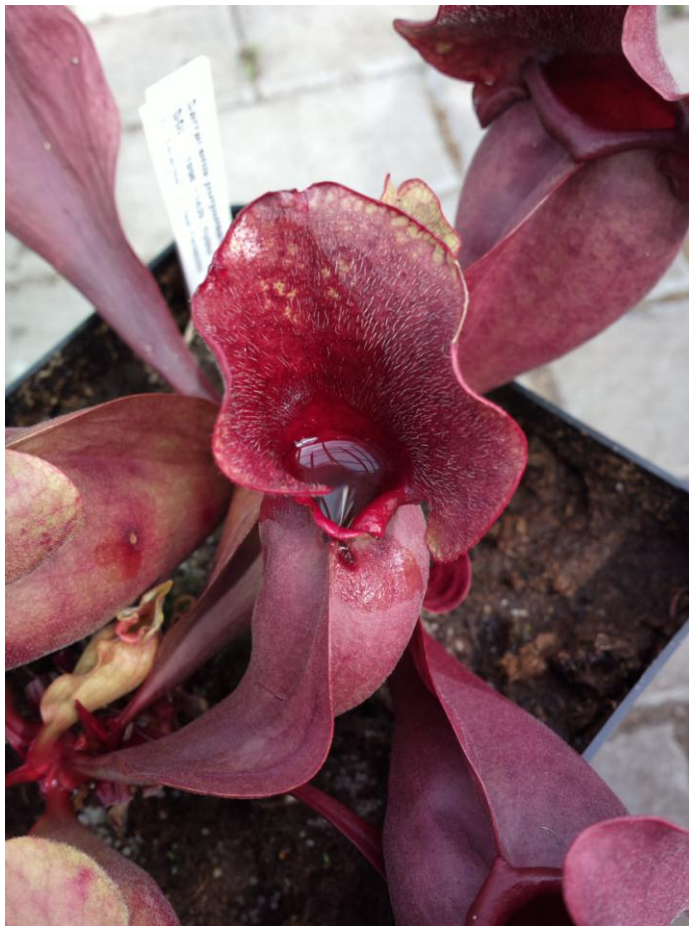
Taxa	Vztah ke špirlicím
Bombini (čmeláci, několik druhů)	opylovači
Megachilidae (čalounicovití, několik druhů)	opylovači
Vysoká diverzita členovců (hmyz, pavouci, stonožky atd.)	kořist
Culicidae (komárovití): <i>Wyeomyia smithii</i>	konzumenti kořisti
Chironomidae (pakomárovití): <i>Metriocnemus knabi</i>	konzumenti kořisti
Sarcophagidae (masařkovití): <i>Fletcherimyia fletcheri</i>	konzumenti kořisti
Sarcophagidae: <i>F. celerata</i>	konzumenti kořisti
Sarcophagidae: <i>F. jonesi</i>	konzumenti kořisti

Taxa	Vztah ke špirlicím
Sarcophagidae: <i>F. rileyi</i>	konzumenti kořisti
Sarcophagidae: <i>Sarcophaga sarraceniae</i>	konzumenti kořisti
Sciaridae (smutnicovití): <i>Bradysia macfarlanei</i>	konzumenti kořisti
Chloropidae (zelenuškovití): <i>Aphanotrigonum</i> (zelenuška)	konzumenti kořisti
Acari (roztoči): <i>Sarraceniopus gibsoni</i>	konzumenti kořisti
Acari: <i>S. hughesi</i>	konzumenti kořisti
Sphecidae (kutílkovití): <i>Isodontia mexicana</i>	zachycují kořist
Araneae (pavouci): Salticidae (skákavkovití): <i>Phidippus</i> (skákavka)	zachycují kořist
Araneae: Oxyopidae (paslíd'ákovití): <i>Peucetia viridans</i> (paslíd'ák zelenavý)	zachycují kořist
Ostatní pavouci a příležitostně Mantidae (kudlankovití)	zachycují kořist
Tortricidae (obalečovití): <i>Endothenia daeckiana</i>	býložravci na ovoci
Tortricidae: <i>E. hebesana</i>	býložravci na ovoci
Noctuidae (můrovití): <i>Exyra semicrocea</i>	býložravci na láčce
Noctuidae: <i>E. ridingsii</i>	býložravci na láčce
Noctuidae: <i>E. fax</i>	býložravci na láčce
Tortricidae: <i>Choristoneura parallela</i>	býložravci na láčce
Aphidae (včelovití): <i>Macrosiphum jeanae</i>	býložravci na láčce
Noctuidae: <i>Papaipema appassinata</i>	býložravci na láčce
Araneae: <i>Strotarchus piscatorius</i>	dravec
Acari: <i>Macroseius biscutatus</i>	dravec
Tachinidae (kuklicovití) a Braconidae (lumčíkovití)	dravci

V láčkách žije celá řada organismů živících se organickými zbytky těl, které masožravé rostliny nestráví. Variabilita kořisti se liší v závislosti na tvaru konkrétní láčky. Folkerts (1999) vypracoval shrnutí různých zástupců bezobratlých, které pozoroval na různých druzích špirlic (viz Tabulka 1). Uvádí zde seznam taxonů, které se adaptovaly na nepříznivé podmínky v láčkách špirlic.

Fauna špirlic vykazuje jisté podobnosti s faunou láčkovek. Stejně jako u láčkovky nebo v případě dendrotelů jsou i zde nejrozšířenějšími obyvateli nádržek larvy dvoukřídlých. Častými obyvateli nádržek špirlice nachové jsou pakomárcovití (např. rody *Dasyhelea* nebo *Culicoides*) (Kitching 1971). Dalšími zaznamenanými živočichy ve špirlici nachové jsou larvy střechatek, chrostíků (rod *Oligostomis*) a nymfy pošvatek (*Leuctra duplicata* a *L. maria*) – tedy druhů, které v jiných periodických tůních nežijí (Williams

2005). Peterson et al. (2008) zaznamenal výskyt bakterií z čeledí Streptomycetaceae (rod *Streptomyces*), Bradyrhizobiaceae (rody *Bradyrhizobium* a *Nitrobacter*), Hydrogenopiylaceae (rod *Thiobacillus*), Enterobacteriaceae (rody *Citrobacter* a *Escherichia coli*), dále z čeledí Rhodocyclaceae a Desulfovibrionaceae.



Obrázek 4: *Sarracenia purpurea* (špirlice nachová). Botanická zahrada Praha, skleník Fata Morgana. Foto autor.

Fish a Hall (1978) zkoumali potravní vztahy mezi třemi druhy dvoukřídlých, masařkou *Fletcherimyia* (*Blaesoxipha*) *fletcheri* z čeledi masařkovitých (Sarcophagidae), komárem *Wyeomyia smithii* z čeledi komárovitých (Culicidae) a pakomárem *Metriocnemus knabi* z čeledi pakomárovitých (Chironomidae), kteří se vyskytují v tekutině láček. Pouze nově otevřené láčky lákají hmyz. Kořist ve starších láčkách se pak nachází v různých stádiích dekompozice. Larva masařky se živí hmyzem, který se v trávicí tekutině utopí a drží se na hladině. Larva komára se volně pohybuje v tekutině

a živí se volně rozpuštěnými částicemi z rozkládajících se těl utopeného hmyzu. Právě larva *W. smithii* je vrcholovým predátorem v komunitě láčky, která zahrnuje vířníky, prvoky a larvy dvoukřídlých. V přítomnosti této larvy, která se líhne pouze v láčkách špirlice nachové, se zvyšuje počet a rozmanitost bakterií v nádržkách (Peterson et al. 2008). Pakomár *M. knabi* žije také pouze v láčkách špirlice nachové. Potravu mu zajišťují zbytky hmyzu zachyceného láčkou, které se shromažďují na dně nádržky. Ačkoli se všechny tři druhy živí zbytky zachycené potravy, vzájemně si nekonkurují (Fish, Hall 1978).

4.1.2. Bromeliovité

Vodu ve svých zelených částech zachycují také rostliny z čeledi bromeliovitých (Bromeliaceae). Jedná se o byliny i drobné keře, sukulenty, epifyty, výjimečně i liány. Přirozeně se vyskytují v tropech a subtropích. Mají dlouhé, jednoduché listy, které jsou uspořádány do růžice. V okrajích listů i v centrální části rostliny se velmi dobře zadržuje voda a vytváří tak izolované biotopy s ojedinelou faunou. Nejedná se většinou o jednu velikou nádržku, ale o soubor několika malých biotopů. Bromeliovité rostliny jsou schopné udržet vodní tůňky v listech po celý rok, takže zde zůstávají zachovány složité potravní řetězce bakterií, řas a bezobratlých – např. koryšů, pavouků, hlístic, máloštětinatců a hmyzu, zejména dvoukřídlého (Frank 1983).

Faunu bromeliovitých zkoumal např. Mestre et al. (2001) na brazilské rostlině *Vriesea inflata*. Ačkoli její fytotelmy jsou poměrně malé (56 až 130 cm³), nabízí útočiště relativně velkému počtu živočichů. Ochoa et al. (2013) se věnoval telmám na mexické rostlině *Bromelia hemisphaerica*. Terestrické a epifytické rostliny *Guzmania brasiliensis* ve státě Amazon studovali Torreias a Ferreira-Keppler (2011).

V broméliích bylo zaznamenáno množství druhů z řádu dvoukřídlých, zejména larvy moskytů, kteří přenášejí malárii. Nejčastějšími čeleděmi v bromeliovitých byli většinou komárovití (Culicidae), pakomárovití (Chironomidae) a pakomárcovití (Ceratopogonidae) (Torreias, Ferreira-Keppler 2011; Ochoa et al. 2013), zatímco v brazilské rostlině *Vriesea inflata* byli nejčastějšími obyvateli telm larvy brouků z čeledi mokřadníkovitých (Scirtidae). To může být způsobeno vodou, kterou

bromeliovit  rostliny zadržují, protože tyto larvy se  iv  především  asami. Larvy dvouk  dl  ch (konkr  tn  pakomárů) zde byly až na druh m m  st . Ty se  iv  převážně detritem. (Mestre et al. 2001). Dalšími zaznamenanými čeleděmi dvouk  dl  ch byli koutulovit  (Psychodidae), tiplicovití (Tipulidae), pestřenkovití (Syrphidae), mouchovit  (Muscidae), bráněnkovití (Stratiomyidae), hrbilkovití (Phoridae), ovádovití (Tabanidae), mrvnatkovit  (Sphaeroceridae) a stru  ilkovit  (Anisopodidae) (Fish 1983). Dvouk  dl   hmyz je v těchto biotopech velmi důležitou skupinou hmyzu. Tvo  i neodmyslitelnou součást potravních řetězců jako potrava predátorů (např. brouků a v   ek) a tvo  i i dal   i ekologick   vztahy s ostatními čeleděmi (Kitching 2000).

Ve fytotelmách bromeliovitých rostlin se dále vyskytují mravenci (Formicidae) a mnoho čeledí pavouků (Araneae), sekáči (Opiliones) a   t  ci (Pseudoscorpionida).   ast   jsou zde ploštěnky („Turbellaria“), hlístice (Nematoda), pl   i (Gastropoda), m  lo     tinat  i (Oligochaeta), pijavice (Hirudinea), stonožky a mnohonon   ky (Chilopoda a Diplopoda), r   znonon   ci a stejnnonon   ci (Amphipoda a Isopoda) (Mestre et al. 2001).   ij   zde i n  kter   motýly (Lepidoptera),  kvo  i (Dermaptera) a  v  bi (Blattodea) (Torreias, Ferreira-Keppler 2011). Fish (1983) zaznamenal p    tomonost polok    dl  ch (Hemiptera) a mnoha druhů v   ek. V  jime  n  se v telmách nach  z  i i žáby (Anura), pošvatky (Plecoptera) a chrostíci (Trichoptera). V okolí telm byly zaznamenan i predátorů –     i (Scorpiones), pavouci (Araneae), roztoči (Acari), polok    dl   (Hemiptera), brouci (Coleoptera) a blanok    dl   (Hymenoptera) (Ochoa et al. 2013).

4.1.3. Bambus

Dalším zajímavým m  stem, kde se tvo   i fytoelmy, je bambus. Jedná se opět o telmy, kter   se vyskytují spíše v tropických oblastech. De    ov   voda se do bambusu dostává při po   kozen  , a  j   i přírodním nebo činností   lov   a, a m    e j   být až několik litrů. Nej  ast  j  i jsou po   kozeny internody. V těchto rostlinách se nach  zej  i r   zn   organismy, jejichž v  syt ovlivňuje aktu  ln   ro  n   období, r    t bambusu a rozšířování navrtaných otvorů dospělými brouky. Na    znut   bambus obsahuje odli   n   druhy n    mrtv   bambus, le  z  ci na zemi. Často se uměle p    t  n   a na  ez  v  , neboť slou   i jako past na   ivo   ichy,

kterí se v telmách rozmnožují. Některé druhy se v bambusu dokonce rozmnožují rychleji než v laboratorních podmínkách (Mattingly 1969).

Dutina uvnitř bambusu se po vyplnění vodou stává útočištěm pro řadu živočišných druhů. Kitching a Orr (1996) se zmiňují o časté přítomnosti komárovitých (rody *Uranotaenia*, *Tripteroides* a *Toxorhynchites*) a pakomárovitých (*Paramerina ignobilis*). V bambusu lze nalézt také pakomárcovité, různé jiné zástupce dvoukřídlých, vážky, brouky, vířníky i žáby (Thienemann 1934, podle Kitchinga 1971). Dalšími zaznamenanými taxony jsou hlístice, nitěnky, pijavice, plazivky a vážky (Williams 2005).

Pařezy vzniklé po pokácení bambusu zkoumal Sota (1996) v severní části ostrovu Cušima, který je součástí japonského souostroví. Prozkoumal 37 takových nádržek na bambusu, které porovnal s 67 dendrotelmami různých stromů ve stejné oblasti, vytvořených zejména na kamélii japonské (*Camellia japonica*) a stromech *Aphananthe aspera*. Ve fytotelmách bylo zaznamenáno celkem 21 různých druhů vodních organismů, z nichž bylo 18 larev dvoukřídlých. Většina larev se živila saprofágně, jedinou predátorskou larvou byla larva druhu *Toxorhynchites towadensis*, jejíž výskyt nebyl příliš častý. S přítomností predátorské larvy *Toxorhynchites* však většinou klesá i přítomnost ostatních larev komárovitých. V bambusových nádržkách byli objeveni dva pakomárcovití, dva zástupci komárů z rodu *Aedes* – *A. japonicus* a druhý zástupce z podrodu *Stegomyia*, pakomár, tiplice, brouk z čeledi mokřadníkovitých a naidka. V dendrotelmách se objevovalo více druhů v květnu než v červnu. Obývali je pakomárcovití (*Culicoides*, *Dasyhelea*), komáři (*Tripteroides* a *Aedes*, podrod *Stegomyia*), tiplice a brouk z čeledi mokřadníkovitých. Dvacet taxonů se vyskytovalo v bambusu a 17 v dendrotelmách, přičemž 16 druhů z obou biotopů bylo společných. Zajímavým faktem je, že pakomárci rodu *Culicoides* s mokřadníky preferovali dendrotelmy, zatímco pakomáři a pakomárci rodu *Dasyhelea* upřednostňovali spíše bambus (Sota 1996).

4.2.Dendrotelmy

4.2.1. Charakteristika dendrotelm

Dendrotelmou rozumíme drobnou nádržku mezi dvěma větvemi, u kořenů stromů nebo ve vykotlaném pařezu. Jejich obsah nebývá větší než jeden litr. Kitching (1971) nazývá dendrotelmou dutinu nebo prohlubeň, která se nachází ve stromě nebo na něm. Dělí se na dva základní typy: „*pans*“ (pánve) a „*rot-holes*“ (rozkládající se díry).

První typ se nachází na neporušeném dřevě, které je pokryté kůrou. Vznikají při srůstu různých částí stromu. Druhý typ vzniká na narušené borce a proniká do méně odolné běli, někdy až do jádrového dřeva rostliny. Ke svému vzniku potřebují vnější činitele, například vítr, oheň, teplo, blesk, zvířata, hmyz (např. termity), činnost člověka, ale i bakterie nebo houby. Nejprve dojde k poškození kůry, např. houbou, která proniká do dřeva, rozkládá jej a místo poškození se stále zvětšuje, až vznikne prohlubeň. Ta se dále vyvíjí různě. Ústí prohlubně se může zatahovat, až dojde k úplnému odříznutí dutiny od vnějšího prostředí, nebo může zůstat v kontaktu s okolím, zatímco se neustále rozšiřuje vlivem pokračujícího hnití. Pokud prohlubeň propouští vodu, naplní se vlhkými listy a humusem a vzniká **terestrický biotop**. Pokud je dutina naopak schopná zadržovat a udržet vodu, vzniká **vodní biotop**, ve kterém se hromadí voda a listový opad. Oba tyto biotopy obsahují úlomky listů a vrstvu částečně rozloženého listového opadu a humusu. V nádržkách typu „*rot-holes*“ se navíc vyskytuje vrstva rozkládajícího se dřeva, které vzniká činností houby. V prohlubních typu „*pans*“ tato vrstva chybí.

Dendrotelmy se objevují téměř po celém světě a na mnoha dřevinách, zejména na dřevinách opadavých (Williams 2005). Na mnoha místech se stávají důležitou součástí vodního prostředí pro různé druhy hmyzu. Nejhojněji se vyskytují na bucích, protože tyto stromy jsou v mírném pásu těmi nejrozšířenějšími. Nádržky se objevují ve všech výškách, od úrovně země až po 12 metrů nad zemí. Jejich velikost se liší, v průměru mohou měřit okolo pěti centimetrů až do 60 cm. „*Pans*“ se objevují nejčastěji mezi větvemi a opěrnými kořeny, zatímco „*rot-holes*“ se vyskytují méně a spíše ve vyšších částech stromu. „*Pans*“ typ se na stromech tvoří mnohem častěji, podle

Kitchinga (1971) převyšují „rot-holes“ v poměru 23:1. Mohou přetrvávat na jednom stromě po celý jeho život (60 až 100 let u buku).



Obrázek 5: Dendrotelma v údolí Rokytenky. Žamberk. Foto autor.

4.2.2. Fauna dendrotelm

Již mnoho autorů zaznamenalo výskyt některých zvířat v dendrotelmách, méně se jich věnovalo rostlinné osádce. Rozdíly v taxonomii, a tudíž i obtížná identifikace některých pakomárovitých a pakomárcovitých, znemožňují podat úplné informace. Studium

bakterií a prvoků se zabýval např. Walker et al. (1991), studiem vážek a jejich líhnutí v dutinách stromů Fincke et al. (1997), studiím dvoukřídlých se věnoval Zavřel (1941).

Nejrozšířenější skupinou hmyzu, která se vyskytuje v dendrotelmách, jsou opět komárovití. Zahrnují několik druhů, které by mohly být potencionálními přenašeči některých chorob. Na našem území žijí nejčastěji larvy druhů *Aedes geniculatus* a *Anopheles plumbeus*. Lze zde nalézt některé larvy pakomárovitých (*Chironomidae*) a výjimečně také korýše berušku vodní (*Asellus aquaticus*). Ve ztrouchnivělém dřevě žijí typičtí obyvatelé dendrotelm – larvy pestřenky smrtihlávky (*Myiatropa florea*) (Hrbáček 1966).

V dendrotelmách po celém světě se objevuje relativně málo živočichů, mezi nimi pouze omezený počet hmyzích zástupců. Typičtí zástupci jsou dvoukřídlí a brouci. Mezi nejčastější zástupce dvoukřídlých patří jedinci z podřádu dlouhoroží (*Nematocera*), zejména komáři, pakomáři (*Chironomidae*), pakomárcovití (*Ceratopogonidae*), tiplicovití (*Tipulidae*), koutulovití (*Psychodidae*) a stružilkovití (*Anisopodidae*). Nejrozšířenější zástupci brouků jsou mokřadníkovití (*Scirtidae*) a brouci z podčeledi *Pselaphinae* (dříve čeleď *Pselaphidae*) (Williams 2005). Zaznamenána byla i přítomnost drobných korýšů, vírníků a prvoků (Rohnert 1950). Některé podobnosti mezi faunami nádržek zaznamenal Kitching (1983), který srovnával dendrotelmy ve Wythamských lesech s těmi, které se vyskytují v národním parku Lamington v australském Queenslandu. Ve smíšených Wythamských lesích se nádržky tvoří mezi opěrnými kořeny a větvemi. Kitching zde zaznamenal přítomnost jednoho druhu pakomára, jednoho druhu pakomárcovitých, dvou komárů a jednoho zástupce mokřadníkovitých. V subtropickém pralese v Queenslandu se dendrotelmy vyskytují většinou mezi opěrnými kořeny. Žil zde zástupce pakomárovitých a pakomárcovitých, dva komáři, jeden zástupce mokřadníkovitých, tři roztoči a žába. Souhrn druhů uvádím v následující tabulce.

Tabulka 2: Fauna dendrotelm ve Wythamských lesích (Anglie) a národním parku Lamington (Queensland) (Kitching 1983).

Taxa	Wythamské lesy	Národní park Lamington
<i>Insecta</i>		
Diptera		
Chironomidae	<i>Metriocnemus cavicola</i>	<i>Anatopynia pennipes</i>
Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea dufouri</i>	<i>Culicoides angularis</i>
Culicidae	<i>Aedes geniculatus</i>	<i>Aedes candidoscutellum</i>
	<i>Anopheles plumbeus</i>	<i>Aedes</i> sp.
Syrphidae	<i>Myiatropa florea</i>	—
Coleoptera		
Scirtidae/Helodidae	<i>Prionocyphon serricornis</i>	<i>Prionocyphon</i> sp.
<i>Arachnida</i>		
Acari		
Astigmata		
Hyadesiidae	—	Nový druh
Prostigmata		
Arrenuridae	—	<i>Arrenurus</i> sp.
Mesostigmata		
Ascidae	—	<i>Cheiroseius</i> sp.
<i>Amphibia</i>		
Anura		
Leptodactylidae	—	<i>Lechriodus fletcheri</i>

Oba biotopy si tedy byly do značné míry podobné, shodovaly se ve více než jednom rodě. Dendrotelmy vykazovaly jisté podobnosti i z hlediska chemického prostředí. Ve většině případů se zde vyskytovali saprofágové živíci se organickými látkami z odumřelých organismů, nádržky v národním parku obývalo více predátorů.

Kitching (1996) také zkoumal živočichy v tropických dendrotelmách v Borneu. Ačkoli se poněkud lišily od nádržek, které jsem popsala výše, vykazovaly také jisté podobnosti s nádržkami v severní Austrálii a Nové Guinei. Prozkoumáno bylo celkem 52 tůňek. Nejčastěji se v nich objevovaly larvy mokřadníkovitých (téměř v 75 % nádržek), zejména rody *Prionocyphon*, *Elodes*, *Cyphon* (jařmík) a *Scirtes*. Druhým nejrozšířenějším organismem (v 62 % tůňek) byli komáři. Nejednalo se však o obvyklé zástupce rodů *Culex*, *Aedes* či *Orthopodomyia*, ale o rody, které se spíše specializují

na fytofelmy – *Uranotaenia*, *Toxorhynchites* a *Tripteroides*. Pakomáři zde byli zastoupeni poměrně dosti rozšířeným rodem *Polypedilum* (který se objevuje i v dendrotelmách na západě Severní Ameriky) a predátorskou larvou *Paramerina ignobilis* z podčeledi Tanypodinae. Objevovali se v 56 % dendrotelm. Pakomárcovité larvy, nalezené v 35 % tůňek, patřily pravděpodobně k rodům *Dasyhelea* či *Culicoides*. Pozoruhodný však byl výskyt vážek (Odonata), konkrétně motýlic. Larva z čeledi šídélkovitých *Pericnemis triangularis* byla nalezena ve 40 % nádržek. Dalším zaznamenaným predátorem byl brouk z čeledi potápníkovitých. Odlišnosti fauny byly zřejmě způsobeny vlhčím podnebím na Borneu, díky kterému se drží voda v dendrotelmách delší dobu. V tomto lépe předvídatelném prostředí se zdržuje větší počet saprofágů než v nádržkách v jiných oblastech (Kitching, Orr 1996).

Hustota živočichů je větší v nádržkách, které jsou umístěny ve vyšších částech stromů (více než dva metry nad zemí), pravděpodobně kvůli vyšší kvalitě detritu v těchto místech. Také hustota larev v menších prohlubních je vyšší než v prohlubních menších (Kitching 1971). Larvy a jiní vodní bezobratlí živočichové hrají významnou roli v redukování rostlinných zbytků. Hrabanka a listový opad tvoří základ potravního řetězce v dendrotelmách, a kvalita a množství tohoto zdroje pravděpodobně ovlivňuje bohatost druhů v systému, což terénní výzkumy v Panamě potvrdily u přírodních a uměle vytvořených nádržek. Také však ukázaly, že důležitější než množství listů je druh a četnost listů na dně, přinejmenším v krátkém časovém horizontu (Yanoviak 1999). Modely ekosystémů dendrotelm v mírném pásu naznačují, že úlomky listů a další organický detrit jsou hlavním zdrojem organického uhlíku pro růst živočichů v nádržkách (Walker et al. 1991), zatímco voda stékající po kmeni přináší do díry anorganické ionty (Kitching 1971). Tyto ionty jsou hlavním zdrojem živin pro mikroorganismy spojené s rozkladem listového opadu. Vliv přítomnosti listů na organismy a chemismus dendrotelm podrobněji zkoumal Walker et al. (1991).

Živočichy dendrotelm rozdělujeme Rohnert (1950, podle Kitchinga 1971 a Williamse 2005) do tří skupin:

- 1) ***Dendrolimnetoxenní organismy***: Skupina živočichů, kteří nejsou běžnými obyvateli dendrotelm a dostali se do nich víceméně náhodou. Jedná se o řadu drobných korýšů, některé vířníky a různé prvoky.
- 2) ***Dendrolimnetofilní organismy***: Skupina živočichů, kteří obývají částečně mokrá či vlhká místa. Zahrnuje terestrické stejnonožce, suchozemské plicnaté plže a několik druhů larev dvoukřídlých, zvláště tiplicovitých a stružilkovitých.
- 3) ***Dendrolimnetobiontní organismy***: Skupina živočichů, kteří jsou specifičtí pro dendrotelmy a zřídka se objevují v jiných biotopech. Patří sem většinou dvoukřídlý hmyz a různí brouci.

Ne vždy jsou však dendrotelmy vhodným místem k líhni vodních organismů. V tropech jsou velmi náchylné k vysychání, a to i během vlhčích období. Fauna, která zde žije, musí být schopná přežít dlouhotrvající periody sucha, minimálně v určité části jejich životního cyklu. V oblastech mírného pásu nevysychají nádržky tak často. Obecně platí, že organismy jsou schopné přežít, dokud zůstává vrstva bahna na dně vlhká. V zásadě bývají tyto nádržky obydleny larválními stadii, která se po vyvinutí v dospělé musí dále rozprostít po lese a sehnat potravu, čímž jsou závislé na okolních zdrojích. Dendrotelmy a jejich fauna jsou vzájemně propojeny s ostatními částmi lesního ekosystému, ať již přímo či nepřímo, do jednoho velkého celku.

Ve starších lesích jsou dendrotelmy důležitým vodním biotopem zejména při omezeném výskytu stálé vody. Důležité jsou také vztahy s vrcholovými částmi stromů, odkud padají drobné úlomky větvíček a listů. Z těch se totiž posléze tvoří bahno, důležitý zdroj potravy pro živočichy, kteří v nádržkách žijí. Dospělí jedinci hmyzu, kteří se vyvinuli z larev v nádržkách, se potřebují krmit (s výjimkou pakomárovitých). Komáři se živí nektarem, aby získali energii potřebnou k létání, samičky navíc sají krev jako zdroj bílkovin pro vývoj vajíček. Jsou tedy závislé na rostlinách a obratlovcích. Na rostliny spoléhají také pakomárcovití, kteří potřebují rostlinné šťávy pro dospělé samečky. Někteří zástupci hmyzu potřebují prostor mimo dendrotelmu, kde se mohou ukrýt

v určitých částech svého životního cyklu. Dospělci mohou přežívat zimu ve stadiu imaga a musí najít vhodné místo k hibernaci, např. v prasklinách v kůře stromů (zejména buků), v mrtvém či umírajícím porostu nebo v odumřelém dřevě.

Hmyz, který se líhne v nádržkách, může sloužit jako potrava jinému hmyzu, ptákům, pavoukům a různým dalším zvířatům, kteří se živí hmyzem. Jiní jedinci mohou být uneseni větrem, takže poté nenajdou další dendrotelmu, do které by mohli naklást vajíčka. Značnou část z nich také zabíjí extrémní teploty a silný déšť. K dokončení svých životních cyklů musejí dospělci nalézt vhodné místo ke kladení vajíček. Další přirozená prostředí, jako např. hnůj, mršiny, hnízda, mrtvé a umírající dřevo, houby a spousta dalších, se často vyskytují s dendrotelmami v opadavých lesech mírného pásma. Společně s jejich specializovanou faunou tvoří jeden velký, složitý a vzájemně propojený lesní klimax (Kitching 1971).

5. Adaptace živočichů na život v periodických vodách

Williams (2005) uvádí, že již Leeuwenhoek, průkopník mikroskopie, zkoumal v roce 1701 vzorky z okapů. Objevil zde několik živočichů, převážně vírňíky a želvušky, kteří se mohli zcela vysušit a nepřijít přitom o život. Došel k závěru, že takový způsob přežívání nepříznivých podmínek by mohl být velikou konkurenční výhodou v podobných stanovištích.

Periodické vody jsou charakteristické svým nepravidelným zavodňováním. V některých letech mohou dokonce úplně vyschnout a v tomto případě většina zde trvale žijících organismů zahyne (Williams 1987). Periodické tůň jsou zatopeny po krátkou dobu. Živočichové, kteří tento biotop obývají, byli nuceni se jejich charakteru přizpůsobit různými evolučními strategiemi, které zvyšují jejich šance na přežití. Řešením může být zkrácení vývojového cyklu, diapauza nebo včasné opuštění vysychající tůň (Sukop 1998). Williams (1998) tyto adaptace rozděluje do tří skupin.

Fyziologická tolerance většinou zahrnuje některou z forem diapauzy, která nastává během životního cyklu v období vyschnutí nebo vymrznutí. Ve své nejjednodušší podobě se jedná o zastavení či zpomalení růstu, které následuje po ztrátě velkého množství vody z organismu. Při dehydrataci jsou tedy organismy nečinné, při dodání potřebného množství vody však jejich růst opět pokračuje (Williams 1998). Klidová stadia netvoří živočichové pouze při nedostatku vody, ale i při dalších nepříznivých podmínkách, jako je nedostatek potravy nebo kyslíku. Mezi útvary, které vydrží úplné vyschnutí, patří nejčastěji vajíčka (např. u vírňíků nebo některých korýšů), ale i gemule hub, statoblasty mechovek a cysty prvoků. Zcela mohou vyschnout (a po navlhčení žít dále) některé druhy vírňíků a želvušek, dokonce i některé rody dvoukřídlých (*Dasyhelea*). Některé litorální druhy volí formu encystace v bahně (Hrbáček 1966).

Modifikace životního cyklu je ovlivňována interními faktory (např. fyziologií, chováním a morfologií) a faktory prostředí (ztráta vody, teplota, potrava, fotoperioda atd.). Zřejmou výhodou mají živočichové, kteří jsou rychlí, popř. ti, kteří se nezdržují pohlavním rozmnožováním, ale rozmnožují se spíše nepohlavně. Zřejmou výhodou mají partenogenové, kteří k založení populace nepotřebují obě pohlaví jako gonochoristé.

Bezobratlí v periodických tůních většinou vykazují znaky r-strategů, zejména velký počet nových potomků, rychlý růst, krátkou délku života, drobnou velikost a potravní oportunismus nebo generalismus (Begon et al. 1997). Na druhou stranu mohou obyvatelé periodických tůňek trpět nedostatečnou konkurenceschopností. Kompetice totiž často nastává při vysychání, kdy se hustota jedinců v tůních zvyšuje.

Migrace, třetí adaptační typ, se dělí na aktivní a pasivní. Aktivní sezónní migrace se vyskytuje hlavně u hmyzu. Vyžaduje sílu k letu a další mechanismy k vyhledání a vyhodnocení vhodnosti nových tůní, a studována byla zejména u ploštic a brouků. Dospělci, kteří přečkali zimu v některé z tůňek, se brzy na jaře rozptýlí do okolí a hledají nově vytvořené nádržky, aby v nich nakladli vajíčka. Z těch poté vyroste nová generace, v závislosti na hojnosti potravy v okolí a konkurenci při dospívání. Jedinci z této generace dospějí krátce před obdobím sucha a v letním období odlétají hledat nová zimoviště. Aktivní způsob migrace se však neobjevuje pouze u hmyzu, ale také u dalších bezobratlých, např. u raků, pijavic nebo různonožců. Ti se často aktivně přemisťují na krátké vzdálenosti mezi přilehlými nádržkami vody.

Pasivní migrace se vyskytuje u drobnějších živočichů, kteří z různých důvodů nemohou migrovat aktivním způsobem. Protože se však jedná o velmi výhodný způsob, jak kolonizovat nové prostředí, mohou své možnosti zlepšit následovně: a) produkcí velkého množství vajíček, často odolných vyschnutí a s pozastaveným růstem, které může roznést vítr nebo odtékající voda; b) synchronizací svého životního cyklu se zvířaty, která aktivně migrují. Mezi taxony, které využívají první způsob, řadíme např. sladkovodní houby (tvořící gemule), mechovky (vytvářející statoblasty), želvušky, vířníky, lupenonožce, klanonožce a ploštěnky (migrují jako nečinná vajíčka). Taxony, které využívají jiných živočichů, mohou být transportovány externě nebo interně. Např. vajíčka žábřonožek, listonohů, perlooček, škeblovek a lasturnatek jsou schopna bez újmy projít skrz střeva vodních ptáků. Bezobratlí se často přichycují na končetiny a těla dospělců hmyzu, kteří opouštějí periodické tůně. Jakmile hostitel dorazí k nové nádržce a rozptýlí svá vajíčka, odpojí se od něj i ostatní živočichové (Williams 1998).

6. Negativní aspekty periodických tůní

Ne vždy je existence drobných vodních biotopů žádoucí. Negativně mohou být vnímány z ekonomického hlediska, protože zabraňují výnosům z polí. Zejména při jarním tání sněhů vznikají na polích vodní rezervoáry, které zadržují vodu a tím brání v růstu plodinám. Zároveň také ničí půdu (Říhová, osobní sdělení)

Jak již bylo mnohokrát naznačeno výše, mohou periodické tůňky také umožňovat šíření velmi nebezpečných chorob, a to zejména v tropických oblastech, kde jsou počty komárů opravdu vysoké. Mezi nejznámější nemoci šířené moskyty patří malárie, žlutá zimnice, horečka dengue a encefalitida. Obvyklými přenašeči jsou komáři rodu *Anopheles*, *Aedes* a *Culex* – např. *Anopheles bellator* je přenašečem vlasovce mizního (*Wuchereria bancrofti*), malárii šíří komáři rodu *Anopheles* (Frank 1983).

Tyto nemoci však nejsou omezeny pouze na oblast tropů, ale čím dál častěji sužují i obyvatele mírných pásem (Evropy a Severní Ameriky). Napomáhá tomu přítomnost vhodných druhů přenašečů a dostupnost vyhovujících vodních biotopů (Williams 1987). S postupujícím globálním oteplováním se tvoří stále více teplých, dočasných nádrží, se kterými se rozšiřují také komáři a ostatní přenašeči. Drobné tůňky se přestaly objevovat pouze v puklinách a otvorech na stromech, ale začaly se tvořit také v odpadu, který vyprodukoval člověk – v pneumatikách či ve vyhozeném nádobí (Williams 2005).

6.1. Nemoci šířené komáři v tropických oblastech

Nejvážnější nemocí šířenou moskyty je **malárie**. Podle posledních odhadů zabila v roce 2010 asi 600 000 lidí a minimálně 219 milionu lidí jí bylo nakaženo. Nejvíce infikovaných lidí pochází z Afriky, postižené jsou zejména děti. Malárie je způsobena zimničkami, parazitickými prvoky *Plasmodii*, konkrétně rody *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* a *P. ovale* (World Health Organization 2013a). Přenašeči jsou komáři rodu *Anopheles*, *Aedes* a *Culex*, ale pouze komár rodu *Anopheles* přenáší parazity, kteří způsobují malárii přenositelnou na člověka. Znáмыми přenašeči jsou např. *Anopheles neivai* v Kolumbii nebo *An. cruzii*, *An. bellator* a *An. homunculus* v Brazílii (Frank 1983). Mezi první příznaky choroby patří horečka, zimnice, bolesti hlavy a zvracení,

časté je i dávení a křeče či mravenčení v končetinách. Neléčená nemoc pokračuje kómatem a smrtí.

Další akutní virové onemocnění, které přenášejí komáři, se nazývá **žlutá zimnice** (podle žloutenky, kterou trpí někteří pacienti). V první části trpí pacienti podobnými příznaky jako u jiných tropických nemocí – bolestmi hlavy a svalů, zimnicí, nevolnostmi a zvracením. V druhé části pokračuje zvracení a bolesti svalů, přidává se již zmíněná žloutenka a krvácení z uší, nosu, úst a žaludku. Bez poskytnutí vhodné léčby umírá polovina nakažených do čtrnácti dnů (World Health Organization 2011). Žlutá zimnice se dělí na dvě formy, městskou a džunglovou. Džunglovou formu přenáší různé druhy komárů z podčeledi Culicinae, zejména rody *Sabethes* a *Haemagogus* v Severní Americe a komáři *Aedes africanus* a *Ae. simpsoni* v Africe (Solomon, Mallewa 2001). Rozšířenější městskou formu přenáší komár *Ae. aegypti*, který se často vyskytuje v okolí lidských sídlišť. Lihne se často ve fytotelmách, ale i v telmách, k jejichž vzniku přispěl člověk – v použitých plechovkách, sklenicích, starém nádobí apod. Jeho vajíčka vydrží dlouhou dobu bez vody. Přenašečem žluté zimnice však není pouze *A. aegypti*, ale i dalších 17 druhů komárů z rodu *Aedes* či *Eretmapodites*. Larvy těchto komárů (s výjimkou druhu *Aedes dentatus*) se nacházejí ve fytotelmách a dendrotelmách. Oblíbenými fytotelmami jsou hlavně nádržky listů zemědělských plodin, jako jsou banánovníky, ananasy a kolokázie (Pajot 1983).

Ae. aegypti je přenašečem i další tropické nemoci, **horečky dengue**. Ta je někdy nazývána „horečkou lámající kosti“ kvůli stížnostem pacientů, kteří trpí bolestmi připomínajícími lámání kostí. Nemoc se rozděluje do dvou forem, které mohou člověka ohrozit na životě – hemoragické horečky dengue a šokového syndromu dengue. Většina lidí nakažených virem dengue netrpí žádnými vážnými příznaky, asi u pěti procent nakažených má nemoc vážný průběh. Mezi příznaky nemoci patří bolesti hlavy a svalů a krvácení ze sliznic a trávicí soustavy. V 50 % se objevuje charakteristická vyrážka. Horečku dengue způsobuje virus *Flavivirus dengue* z čeledi Flaviviridae. Viry z této čeledi způsobují např. i žlutou zimnici nebo klíšťovou encefalitidu. Vir je přenášen komáry rodu *Aedes*. *Ae. aegypti*, nejrozšířenější přenašeč horečky dengue, je „domácím“ komárem, který se zdržuje v blízkosti lidských sídlišť a napadá hlavně člověka. Krev sají pouze samičky, které se živí na různých hostitelích a roznášejí tak

viry. Vajíčka kladou do uměle vzniklých nádrží. Tak například mezinárodní transport použitých pneumatik mohl přispět k opětovnému zavlečení *Ae. aegypti* do oblastí Severní Ameriky, Austrálie, Karibiku a Pacifiku, kde byl v letech 1950 až 1970 vymýcen (Solomon, Mallewa 2001).

Japonská encefalitida je další nemocí vyvolávanou virem z rodu *Flavivirus*. Jedná se o zánětlivé onemocnění mozku, které se vyskytuje v jižní Asii a Austrálii. Rezervoárem viru jsou divocí ptáci. Vir přenáší komáři rodu *Culex*, zejména *Cx. gelidus* a *Cx. tritaeniorhynchus*, který se líhne v okolí venkovských sídel (např. v rýžových polích a příkopech). Nejvíce ohrožené jsou děti. Na počátku nemoci se objevují horečky a bolesti hlavy a břicha, při neléčení pokračuje křečemi a těžkými duševními poruchami a končí smrtí. Nemoc se stále rozšiřuje do dalších geografických oblastí, ačkoli je proti ní již dostupné očkování (Solomon, Mallewa 2001).

6.2. Nemoci šířené vodními plži v tropických oblastech

Krevnička (*Schistosoma*) je rod motolice (Trematoda), která způsobuje další tropickou nemoc, **schistosomózu**, šířící se zejména v Číně a Africe. Mezihostitelem krevniček jsou vodní plži rodu bulína (*Bulinus*) a *Biomphalaria* z čeledi okružákovitých (Planorbidae), kteří se vyskytují v blízkosti močálů a říček (Williams 2005). Nemoc se přenáší na člověka po penetraci kůže larvou parazita, který se uvolnil z mezihostitele. V těle člověka potom dospívají a usazují se v cévách, kde samičky kladou vajíčka. Část z nich je tělem vyloučena, část z nich však zůstává v těle a způsobuje imunitní reakce organismu. Člověk může být nakažen několika druhy krevniček, *Schistosoma mansoni*, *S. japonicum*, *S. mekongi*, *S. haematobium*, *S. guineensis* a *S. intercalatum*, které se vyskytují v různých geografických oblastech a postihují různé orgány. Močová schistosomóza se projevuje krví v moči, střevní schistosomóza krvavými průjmy a záněty břicha a jaterní schistosomóza způsobuje zvětšení jater, cirhózu a chudokrevnost (World Health Organization 2013b).

Dalším závažným onemocněním způsobeným motolicemi je **fasciolóza**. Jedná se o nemoc ovcí a dobytka, přenositelnou na člověka, která napadá hlavně játra. Je způsobena dvěma motolicemi druhu *Fasciola hepatica* (motolice jaterní) a

F. gigantica z čeledi Fasciolidae (motolicovití). Mezihostiteli jsou opět vodní plži (*Fossaria modicella* a *Stagnicola bulimoides*). Žijí ve vlhkém bahně na okraji periodických tůňek a bažin, kde dokážou přežít období sucha díky estivaci. Motolice se v plži namnoží, opustí tělo plže a přichytí se na rostlinu. Člověk či zvíře se nakazí pozřením metacerkárií, které jsou přítomné v kontaminované vodě či na vegetaci. I přes opakované varování Světové zdravotnické organizace někteří domorodci stále připravují čerstvé saláty z vodních rostlin, na kterých se metacerkárie vyskytují (World Health Organization 1995). Choroba se vyznačuje dvěma fázemi, akutní a chronickou. Při akutní fázi, která trvá dva až tři měsíce, se motolice dostávají do jater a žlučovodů. Typickými příznaky jsou horečka, nevolnost, oteklá játra a velká bolest v oblasti břicha. V chronické fázi se motolice usazují ve žlučovodech, kde dospívají a ucpávají je. To má za následek obtížné trávení tučných jídel, žlučnickové záchvaty a tvorbu žlučových kamenů. Pacienti často trpí žloutenkou, tvrdnutím jater a bolestmi (World Health Organization 2012).

Nebezpečí výše uvedeným nemocem je možné eliminovat, např. zavedením moluskocidů a insekticidů, odvodňováním zaplavených oblastí, introdukcí dravců nebo zvyšováním a snižováním hladiny vody v postižených oblastech v období rozmnožování přenašečů. Žádná ze zmíněných metod však není stoprocentně účinná, např. komáři si mnohdy zvyknou na chemikálie, kterých se proti nim používá. Vhodné je tedy jednotlivé metody kombinovat, ale vždy je třeba brát ohledy na životní prostředí, protože necitelné odvodňování vod může vyhubit některé vzácné organismy, které žijí pouze v periodických vodách (Williams 2005).

7. Periodické vody jako studijní biotop

Periodické tůňky jsou drobné, téměř všudypřítomné a spousta jejich obyvatel je vysoce fyziologicky odolných. Z těchto důvodů jsou ideálním biotopem pro praktická cvičení a semináře studentů středních škol. Mohou se využít k demonstraci základních charakteristik vodních systémů, ale zároveň jsou možná nejlepším biotopem, na kterém lze ukázat vzájemné vazby mezi živočichy a posloupnost celé komunity. Přímou nabídkou ke zkoumání různých kolonizačních mechanismů a fyziologické tolerance (Williams 1987).

V této práci není dostatek prostoru k detailnějšímu popisu praktických cvičení, která by bylo možné se studenty provádět, proto jejich možnosti pouze nastíním. Rozsah každého experimentu závisí na zdrojích, které máme k dispozici, na čase a přístupnosti dočasných vodních biotopů. Některé pokusy nezaberou příliš času a je možné je provést s každým studentem během několika hodin laboratorních prací. Naopak některé trvají déle a vyžadují intenzivnější laboratorní práci, nabízejí ale studentům možnost spolupráce (Williams 1987). Při problémech s determinací některých druhů je vhodné použít některý z dostupných určovacích klíčů pro bezobratlé (např. Hanel, Lišková 2003 nebo Buchar et al. 1995).

Při provádění terénního cvičení je nutné se opírat o poznatky, které studenti již získali ve škole při výkladu. O poznatky získané při cvičení se může učitel dále opírat v dalších hodinách biologie. Naložený materiál z tůňek mohou studenti zkoumat pod mikroskopy v praktikách a může být použit na různé pokusy a demonstrace, např. k pozorování příjmu potravy. Studenty je třeba motivovat k poznávání a samotné pozorování také vhodně připravit. V současné době se lze opírat o množství literatury, která o hydrobiologických praktikách existuje (např. Ambrožová 2002 nebo Sládečková et al. 1985).

Na konkrétní návrhy hydrobiologických cvičení bych se chtěla zaměřit ve své diplomové práci, spolu s tvorbou jednoduchého dichotomického klíče k určování základních druhů bezobratlých, které lze v periodických vodách nalézt. Klíč by bylo vhodné doplnit fotografiemi, nejlépe vlastními, pro případ, že by některé živočichy

nebylo možné přesně identifikovat. Cvičení bych chtěla přímo vyzkoušet se studenty či účastníky zájmových přírodopisných kroužků, abych otestovala, zda jsou mé návrhy využitelné v praxi.

Závěr

Periodické tůně jsou důležitým vodním biotopem. V jejich vodách se sdružuje mnoho živočišných druhů, kteří se v jiných oblastech nevyskytují. Zároveň však poskytují útočiště nevídaným komárům, kteří obtěžují lidstvo nejen sáním krve, ale také přenášením mnoha nebezpečných chorob. Tyto nemoci jsou sice většinou omezeny pouze na oblasti tropů a subtropů, některé se však šíří i do temperátních oblastí, což má za následek necitelné odvodňování stojatých vod. Tím mohou být ohroženy vzácné druhy.

Nejčastěji zaznamenávanými živočichy v periodických vodách jsou larvy dvoukřídlého hmyzu, zejména komárovitých (Culicidae), pakomárovitých (Chironomidae) a pakomárcovitých (Ceratopogonidae). Larvy těchto tvorů mají velmi rychlý vývoj a často dospějí dříve, než voda stačí vyschnout. Díky tomu je možné nalézt komáry téměř ve všech typech periodických tůní. Často zde žijí i larvy dalšího hmyzu či larvy brouků, ale i někteří prvoci, vířníci, hlístice či roztoči. Výjimkou nejsou ani plži nebo větší predátoři, jako jsou pavouci a sekáči, či dokonce žáby. Vzhledem k nepříliš příznivým podmínkám se ale v nádržkách většinou vyskytují spíše larvální stadia a dospělci poté nádržky opouští, aby vyhledali potravu jinde. Živočichové, kteří v tůních žijí, jsou někdy přizpůsobeni periodicitě a vysychání tůní různými adaptacemi. Většinou se jedná o nějakou z forem diapauzy.

Fauna periodických tůní je vzájemně propojena s okolními ekosystémy. Výjimkou nejsou ani případy, kdy se jednotlivé druhy vyvíjejí postupně se stoupající teplotou vody, aby si nekonkurovaly. Tři larvy dvoukřídlého hmyzu v nádržkách masožravých rostlin se sice všechny živí zbytky zachycené kořisti, ale vzájemně si nekonkurují, neboť žijí v různých částech nádržky a potravu přijímají odlišným způsobem. Proto jsou tyto biotopy ideálním místem pro studium vzájemných ekologických vztahů, ale jsou také důležité z lékařského hlediska, neboť se v nich líhnou již zmínění přenašeči nemocí. Jejich zkoumání by tedy mohlo být věnováno více prostoru, ať již při výzkumech týkajících se nebezpečných tropických chorob nebo při výuce biologie na středních a vysokých školách.

Seznam literatury

- 1) AMBROŽOVÁ, J. 2002. *Mikroskopické praktikum z hydrobiologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická
- 2) AMBROŽOVÁ, J. 2003. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-7080-521-8.
- 3) BEAVER, R. A. 1983. The communities living in *Nepenthes* pitcher plants: fauna and food webs. In: *Phytotelmata: Terrestrial Plants as Host for Aquatic Insect Communities*. Medford: Plexus Publishing. s. 129–60.
- 4) BEAVER, R. A. 1985. Geographical variation in food web structure in *Nepenthes* pitcher plants. *Ecological Entomology*, roč. 10, s. 241–8.
- 5) BEGON, M., J. L. HARPER a C. R. TOWNSEND. 1997. *Jedinci, populace a společenstvo*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Olomouc
- 6) BUCHAR, J., V. DUCHÁČ, K. HŮRKA and K. LELLÁK. 1995. *Klíč k určování bezobratlých*. Praha: Scientia
- 7) FINCKE, O., S. YANOVIK a R. HANSCHU. 1997. Predation by odonates depresses mosquito abundance in water-filled tree holes in Panama. *Oecologia*, s. 244–253.
- 8) FISH, D. 1983. Phytotelmata: flora and fauna. In: *Phytotelmata: Terrestrial Plants as Host for Aquatic Insect Communities*. Medford: Plexus Publishing. s. 1–27.
- 9) FISH, D. a D. W. HALL. 1978. Succession and Stratification of Aquatic Insects Inhabiting the Leaves of the Insectivorous Pitcher Plant, *Sarracenia purpurea*. *American Midland Naturalist*, roč. 99, č. 1, s. 172–183.
- 10) FOLKERTS, D. 1999. Pitcher plant wetlands of the southeastern United States. In: *Invertebrates in Freshwater Wetlands of North America*. New York: John Wiley & Sons. s. 247–275. ISBN 0-471-29258-3.

- 11) FRANK, J. H. 1983. Bromeliad phytotelmata and their biota, especially mosquitoes. In: *Phytotelmata: Terrestrial Plants as Host for Aquatic Insect Communities*. Medford, New Jersey: Plexus Publishing. s. 293.
- 12) HANEL, L. a E. LIŠKOVÁ. 2003. *Stručný obrazový klíč k určování hlavních skupin vodních bezobratlých*. Praha: Univerzita Karlova v Praze - Pedagogická fakulta. ISBN 80-7290-131-1.
- 13) HRBÁČEK, J. 1966. *Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze
- 14) JÜRGENS, A., A. M. EL-SAYED a D. M. SUCKLING. 2009. Do carnivorous plants use volatiles for attracting prey insects? *Functional Ecology*, roč. 23, č. 5, s. 875–887.
- 15) KITCHING, R. L. 1971. An ecological study of water-filled tree-holes and their position in the woodland ecosystem. *The Journal of Animal Ecology*, roč. 40, č. 2, s. 281–302.
- 16) KITCHING, R. L. 1983. Community structure in water-filled treeholes in Europe and Australia - comparisons and speculations. In: *Phytotelmata: Terrestrial Plants as Host for Aquatic Insect Communities*. Medford: Plexus Publishing. s. 205–222.
- 17) KITCHING, R. L. 2000. *Food Webs and Container Habitats: The Natural History and Ecology of Phytotelmata*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0521120004.
- 18) KITCHING, R. L. a A. G. ORR. 1996. The foodweb from water-filled treeholes in Kuala Belalong, Brunei. *Raffles Bulletin of Zoology*, roč. 44, č. 2, s. 405–413.
- 19) LELLÁK, J. a F. KUBÍČEK. 1991. *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7066-530-0.
- 20) MATTINGLY, P. 1969. The biology of mosquito-borne disease. *The science of biology series*, roč. 51, č. 3, s. 558.

- 21) MESTRE, L. A. M., J. M. R. ARANHA a M. L. P. ESPER. 2001. Macroinvertebrate fauna associated to the Bromeliad *Vriesea inflata* of the atlantic forest (Paraná State, Southern Brazil). *Brazilian archives of biology and technology*, roč. 44, s. 89–94.
- 22) MILES, D. H., U. KOKPOL, N. V. MODY a P. A. HEDIN. 1975. Volatiles in *Sarracenia flava*. *Phytochemistry*, roč. 14, s. 845–6.
- 23) OCHOA, M. G., M. C. LAVIN, F. C. AYALA a A. J. PEREZ. 2013. Arthropods Associated with *Bromelia hemisphaerica* (Bromeliales: Bromeliaceae) in Morelos, Mexico. *Florida Entomologist*, roč. 76, č. 4, s. 616–621.
- 24) PAJOT, F. 1983. Phytotelmata and mosquito vectors of sylvatic yellow fever in Africa. In: *Phytotelmata: terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities*. Medford, New Jersey: Plexus Publishing. s. 79–100.
- 25) PETERSON, C. N, S. DAY, B. E WOLFE, A. N. ELLISON, R. KOLTER a A. PRINGLE. 2008. A keystone predator controls bacterial diversity in the pitcher-plant (*Sarracenia purpurea*) microecosystem. *Environmental microbiology*, roč. 10, č. 9, s. 2257–66.
- 26) PFLEGER, V. 1988. *Měkkýši*. Praha: Artia
- 27) ROHNERT, U. 1950. Wasserfullte Baumhöhlen und ihre Besiedlung. Ein Beitrag zur Fauna Dendrolimnetica. *Archiv für Hydrobiologie*, roč. 44, s. 472–516.
- 28) ŘÍHOVÁ, D. 2013. Ústní sdělení. In: Praha.
- 29) SLÁDEČKOVÁ, A., V. SLÁDEČEK a J. VYMAZAL. 1985. *Návody k laboratorím z technické hydrobiologie*. 2. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury
- 30) SOLOMON, T. a M. MALLEWA. 2001. Dengue and other emerging flaviviruses. *The Journal of infection*, roč. 42, č. 2, s. 104–15.

- 31) SOTA, T. 1996. Effects of capacity on resource input and the aquatic metazoan community structure in phytotelmata. *Researches on Population Ecology*, roč. 38, s. 65–73.
- 32) SUKOP, I. 1998. *Aplikovaná hydrobiologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-290-X.
- 33) THIENEMANN, A. 1932. Die Tierwelt der Nepenthes-Kannen. *Archiv für Hydrobiologie*, roč. 11, s. 1–54.
- 34) THIENEMANN, A. 1934. Die Tierwelt der tropischen Pflanzengewasse. *Archiv für Hydrobiologie*, roč. 13, s. 91.
- 35) TORREIAS, S. R. S. a R. L. FERREIRA-KEPPLER. 2011. Macroinvertebrates inhabiting the tank leaf terrestrial and epiphyte bromeliads at Reserva Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas. *Brazilian archives of biology and technology*, roč. 54, s. 1193–1202.
- 36) WALKER, E., D. LAWSON, R. MERRITT, W. MORGAN a M. KLUG. 1991. Nutrient Dynamics, Bacterial Populations and Mosquito Productivity in Tree Hole Ecosystems and Microcosms. *Ecology*, roč. 72, č. 5, s. 1529–1546.
- 37) WILLIAMS, D. D. 1987. *The Ecology of Temporary Waters*. London and Sydney: Croom Helm. ISBN 978-94-011-6086-5.
- 38) WILLIAMS, D. D. 1998. Temporary ponds and their invertebrate communities. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, roč. 7, č. January, s. 105–117.
- 39) WILLIAMS, D. D. 2005. *The Biology of Temporary Waters*. Oxford: Oxford University Press, USA. ISBN 0198528124.
- 40) WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1995. *Control of foodborne trematode infections*. 1995. Geneva: World Health Organization.

- 41) WORLD HEALTH ORGANIZATION. Yellow fever fact sheet. [online]. 2011 [vid. 20. April 2013]. Dostupné z:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/en/>
- 42) WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fascioliasis. [online]. 2012 [vid. 23. April 2013]. Dostupné z:
http://www.who.int/foodborne_trematode_infections/fascioliasis/en/
- 43) WORLD HEALTH ORGANIZATION. Malaria fact sheet. [online]. 2013a [vid. 20. April 2013]. Dostupné z:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/en/index.html>
- 44) WORLD HEALTH ORGANIZATION. Schistosomiasis fact sheet. [online]. 2013b [vid. 22. April 2013]. Dostupné z:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/en/index.html>
- 45) YANOVIK, S. P. 1999. Effects of leaf litter species on macroinvertebrate community properties and mosquito yield in Neotropical tree hole microcosms. *Oecologia*, roč. 120, č. 1, s. 147–155.
- 46) ZAVŘEL, J. 1941. *Chironomidarum larvae et nymphae IV. (Genus Metriocnemus v. d. Wulp.)*. Brno: Acta Societatis scientiarum naturalium Moraviae

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a prosím, aby byla řádně vedena evidence vypůjčovateli.

Jméno a příjmení s adresou:	Číslo OP:	Datum vypůjčení:	Poznámka: